

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Hornicko-geologická fakulta**

Institut environmentálního inženýrství

**POSOUZENÍ VLIVU PYROLÝZNÍ  
TECHNOLOGIE NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

diplomová práce

**Autor:**

Bc. Vladimír Kollár

**Vedoucí diplomové práce:**

Prof. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.

Ostrava 2014

**VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA**

**Faculty of mining and geology**

Institute of environmental engineering

**ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF  
PYROLYSIS TECHNOLOGY**

thesis

**Author:**

Bc. Vladimír Kollár

**Supervisor:**

Prof. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.

Ostrava 2014

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vladimír Kollár**  
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 6208T031 Environmentální management  
Téma: **Posuzování vlivů pyrolýzní technologie na životní prostředí  
Environmental Impact Assessment of Pyrolysis Technology**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Současné vývojové trendy pyrolýzní technologie ve světě a v České republice
3. Přehled existujících a vyvíjených pyrolýzních jednotek pro energetické využití odpadů v zahraničí a v České republice
4. Hlavní okruhy problémů v rámci realizace a posuzování vlivů pyrolýzních jednotek pro energetické využití odpadů na životní prostředí
5. Návrh části dokumentace pro posouzení vlivů konkrétního záměru pyrolýzní technologie na životní prostředí ve smyslu přílohy č. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

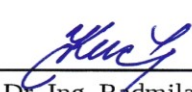
LAPČÍK, Vladimír. Průmyslové technologie a jejich vliv na životní prostředí (monografie). Ostrava: VŠB-TU, HGF, IEI, 2009. ISBN 978-80-248-2015-6. 362 s.  
LAPČÍK, Vladimír. Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí (monografie). Ostrava: VŠB-TU, HGF, IEI, 2011. ISBN 978-80-248-2440-6. 217 s.  
LAPČÍK, Vladimír. Možnosti pyrolýzní technologie v rámci energetického využití odpadů. In: Životní prostředí hutnictví železa a hutní druhovýroby v roce 2013 (sborník konference, Prušánky-Nechory, 12.-13.09.2013). VŠB-TU Ostrava, RC EIA, s.r.o., září 2013, s. 28 - 31. ISBN 978-80-904354-6-9.  
OBROUČKA, Karel. Termické zneškodňování odpadů (skriptum). Ostrava: VŠB-TU, FMMI, 1997. ISBN 80-7078-505-5. 144 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014

  
doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.

Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2014



podpis autora

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Prof. Ing. Vladimíru Lapčíkovi CSc., vedoucímu mé diplomové práce za odborné vedení, rady, připomínky, čas a za ochotu v průběhu celé doby vypracovávání práce.

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá posuzováním vlivů pyrolýzní technologie pro energetické využití odpadů. V první kapitole je uvedení do problematiky. V následující druhé kapitole je práce zaměřena na proces pyrolýzy, na historii užívání pyrolýzy a na metody použité ve světě. V třetí kapitole je práce zaměřena na přehled pyrolýzních zařízení pro energetické využití v České republice a ve světě. Čtvrtá kapitola se zabývá problémy a negativními postoji při realizaci a posuzování zařízení pro energetické využití. Pátá kapitola je návrhem části oznámení reálného záměru podle platné legislativy. Jako podklad bylo zvoleno oznámení pro posouzení vlivů na životní prostředí technologie energetického využití odpadu Tušimice.

### **Klíčová slova:**

Pyrolýza, Tušimice, zařízení pro energetické využití odpadu, produkty pyrolýzy, proces pyrolýzy.

## **Abstract**

This thesis deals with the assessment of the effects of pyrolysis technology for energy recovery of waste. The first chapter is the introduction to the topic. The second chapter focuses on the proces of pyrolysis, the history of use pyrolysis and the methods used around the world. The third chapter is focused on devices pyrolysis equipment for energy use in the Czech Republic and the world. The fourth chapter deals with the problems and negative attitudes in implementation and evaluation of equipments for energy use. The fifth chapter is the proposal notice of real intention according to current legislation. As the basis was chosen the notice for the assessment of environmental impacts technologies of energy recovery of waste Tušimice.

### **Keywords:**

Pyrolysis, Tušimice, equipment for energy recovery, pyrolysis products, process of pyrolysis.

# Obsah

<b>1.0</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>SOUČASNÉ VÝVOJOVÉ TRENDY PYROLÝZNÍ TECHNOLOGIE VE SVĚTĚ A V ČESKÉ REPUBLICE.....</b>	<b>2</b>
2.1	HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ PYROLÝZY.....	3
2.2	NOVODOBÉ PYROLÝZNÍ POSTUPY .....	3
2.3	PYROLÝZA ODPADŮ .....	4
2.3.1	<i>Proces pyrolýzy.....</i>	6
2.3.2	<i>Výhody a nevýhody pyrolýzních procesů.....</i>	8
2.4	METODY PYROLÝZY .....	8
2.4.1	<i>Rychlá pyrolýza.....</i>	11
2.4.2	<i>Pomalá pyrolýza .....</i>	11
2.4.3	<i>Pyrolýza plazmovým hořákem .....</i>	11
2.4.4	<i>Vakuová pyrolýza pneumatik.....</i>	12
2.4.5	<i>Pyrolýza biomasy.....</i>	13
2.5	TRENDY V TECHNOLOGII PYROLÝZY ODPADŮ V ČR A VE SVĚTĚ .....	13
<b>3.0</b>	<b>PŘEHLED EXISTUJÍCÍCH A VYVÍJENÝCH PYROLÝZNÍCH JEDNOTEK PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ V ZAHRANIČÍ A V ČESKÉ REPUBLICE .....</b>	<b>17</b>
3.1	EXISTUJÍCÍ A VYVÍJENÉ PYROLÝZNÍ JEDNOTKY V ČESKÉ REPUBLICE .....	17
3.1.1	<i>Pyromatic.....</i>	17
3.1.2	<i>ELIAV a.s.....</i>	18
3.1.3	<i>TEMEX.....</i>	19
3.1.4	<i>Spalovna v Brně.....</i>	19
3.1.5	<i>Spalovna v Praze Vysočanech .....</i>	19
3.1.6	<i>SAKO Brno .....</i>	19
3.1.7	<i>ZEVO Malešice.....</i>	20
3.1.8	<i>TERMIZO a.s.....</i>	20
3.1.9	<i>Nově navrhované projekty EVO .....</i>	20
3.2	EXISTUJÍCÍ A VYVÍJENÉ PYROLÝZNÍ JEDNOTKY VE SVĚTĚ.....	23
3.2.1	<i>Evropa.....</i>	23

3.2.2	<i>Asie</i> .....	29
3.2.3	<i>Amerika</i> .....	33
<b>4.0</b>	<b>HLAVNÍ OKRUHY PROBLÉMŮ V RÁMCI REALIZACE A POSUZOVÁNÍ VLIVŮ PYROLÝZNÍCH JEDNOTEK PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>35</b>
4.1	EVO.....	35
4.2	PRODUKOVANÉ ŠKODLIVÉ LÁTKY .....	38
4.3	PŘEKÁŽKY PRO ROZVOJ EVO.....	39
4.3.1	<i>Ekonomické bariéry</i> .....	39
4.3.2	<i>Administrativní překážky ze strany státu</i> .....	39
4.3.3	<i>Bariéry ze strany investora</i> .....	40
4.3.4	<i>Ochrana ovzduší</i> .....	41
4.3.5	<i>Nedůvěra a obavy veřejnosti</i> .....	42
<b>5.0</b>	<b>NÁVRH ČÁSTI DOKUMENTACE PRO POSOUZENÍ VLIVŮ KONKRÉTNÍHO ZÁMĚRU PYROLÝZNÍ TECHNOLOGIE NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ VE SMYSLU PŘÍLOHY Č. 4 K ZÁKONU Č. 100/2001 SB., VE ZNĚNÍ POZDĚJŠÍCH PŘEDPISŮ. ....</b>	<b>45</b>
5.1	PŘÍLOHA Č. 4 – NÁLEŽITOSTI DOKUMENTACE .....	45
5.2	ČÁST B – ÚDAJE O ZÁMĚRU .....	48
5.2.1	<i>Základní údaje</i> .....	48
5.2.2	<i>Údaje o vstupech</i> .....	53
5.2.3	<i>Údaje o výstupech</i> .....	56
<b>6.0</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>70</b>



## **Seznam použitých zkratk a symbolů**

SKO – měsny komunální odpad

LCA – posuzování životního cyklu

KO – komunální odpad

PM<sub>10</sub> – prachové částice o velikosti 10 mikrometrů

PCFD – polychlorované dibenzofurany

PCDD – polychlorované dibenzo-p-dioxiny

EVO – energetické využití odpadů

TOC – celkový orgnický uhlík

## 1.0 Úvod

V dnešní době, ve které jde pokrok stále kupředu, a ve které přibývá obyvatel na planetě, se zvyšují nároky na spotřebu materiálů, surovin a energie, produkuje se velké množství odpadu. Existuje zde ekologický problém, na skládky se ukládají materiály, které se mohou ještě dále využít. Pyrolýza je jedna z cest využití tohoto odpadu. Na základě složení škály zpracovávaného odpadu je možné získat pevné, kapalné a plynné produkty pyrolýzy, které je možno využít např. opět v procesu pyrolýzy nebo k získání energie. Při procesu pyrolýzy odpadu dochází k snižování jeho množství. V této práci jsou zmíněny některé z těchto procesů, které šly tímto směrem. Vedle výhod a možností těchto technologií jsou zde zmíněny taky problémy a neúspěchy, které se vyskytly při provozu. Energetické využití odpadu při pyrolýze není ve světě zcela běžně používanou metodou, to je také jedna z překážek pro realizaci, mnoha lidem vyvstává otázka funkčnosti a důvěry k této technologii. Cílem této diplomové práce je posoudit vliv této technologie na životní prostředí, vytvoření náhledu na technologie v České republice a ve světě a vytvoření návrhu na posouzení vlivu na životní prostředí dle platné legislativy České republiky.

## 2.0 Současné vývojové trendy pyrolýzní technologie ve světě a v České republice

Ve světě je úspěšně zavedena řada pyrolýzních jednotek. Všechny, však byly vybudovány jako pilotní projekty. Podle dostupných údajů nepracuje v plně ekonomickém provozu v současné době žádná pyrolýzní jednotka [19].

**Pyrolýza** je jeden z termických procesů, které se užívají pro zpracování odpadů. Dalším metodami je spalování a zplyňování.

**Spalování** je proces probíhající za přebytku kyslíku, jehož zdrojem pro spalování je vzduch. Cílem je, aby chemické reakce  $C + O_2 = CO_2$  a  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$  při spalování proběhly stechiometricky. Je potřeba, aby veškerý vodík respektive uhlík ve spalovaném materiálu zreagoval dle stanovených rovnic. Teplota při spalování je  $800\text{ }^{\circ}\text{C} - 1\,200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Probíhající reakce jsou exotermní, hlavní produkt spalování je energie, jenž se může využít pro výrobu elektrické energie nebo tepla. Další reakce probíhající při tomto procesu jsou oxidační, dochází k reakci síry na oxidy síry a dusíku na  $NO_x$ . Dochází také ke vzniku menšího množství složitějších uhlíkatých sloučenin s kyslíkem. Nastává reakce halogenů na halogenvodíky. Tyto vedlejší reakce tvoří při spalování nežádoucí podíl ve spalinách, proto je součástí spaloven zařízení pro čištění spalin [39].

**Zplyňování** je proces probíhající za podstechiometrického množství kyslíku, cílem je dosažení oxidační reakce uhlíku, jenž proběhne pouze na oxid uhelnatý dle stanovené rovnice  $2C + O_2 = 2CO$ , reakce  $2H_2 + O_2$  byla zcela potlačena. Teplota při procesu se pohybuje v rozmezí  $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C} - 1\,500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V reálném provozu však dochází v malém množství při reakcích ke vzniku vody i  $CO_2$ . Produktem je syntézní plyn, který je převážně směsí  $CO + H_2$ , jenž se může využít pro výrobu energie nebo po materiálové stránce. Při zplyňování se při reakci používá kyslík nebo vzduch obohacený kyslíkem na 90 % a více procent. Cílem je vyloučení dusíku ze vzduchu, který tvoří vzhledem k materiálovému a energetické využití syntézního plynu nežádoucí složku. Vzniklý syntézní plyn se před vlastním využitím čistí. Tyto nežádoucí složky mají jiný character než nežádoucí složky vzniklé při spalování, ze síry vzniká např. sirovodík, je také potlačena tvorba vyšších uhlíkatých látek s kyslíkem. Syntézní plyn lze využívat materiálově např. pro výrobu vodíku a metanolu. V praxi převládá využití syntézního plynu pro výrobu energie na plynové turbině v kogeneračním cyklu, nebo na plynovém motoru [39].

Využívá se také metody plazmového zplyňování, při tomto procesu se potřebné teplo ke zplyňovacím reakcím dodává v elektrickém oblouku, který se vytvoří v plazmovém hořáku [39].

## **2.1 Historie využívání pyrolýzy**

V průmyslu byla pyrolýza využívána již v 19. století k výrobě olejů a parafinů. Největší rozmach prodělala ve 20. století v období 2. světové války, získávaly se tak v Německu pohonné hmoty z uhlí. Také v České republice existoval závod na výrobu pohonných hmot a to v Záluží u Litvínova, kde bylo zpracovávalo hnědé uhlí. V 60. letech minulého století byl však tento způsob získávání paliva přesunut do pozadí díky výrobě uhlí a ropy [12].

Zejména v 70. letech prodělal výzkum a vývoj pyrolýzních procesů veliký rozmach. Výsledkem bylo zjištění, že pyrolýza může být v budoucnu vhodným postupem k zpětnému získání velkého procenta surovin z odpadu. Významnou prací byla např. pyrolýza plastů v solné lázni a v pískové fluidní vrstvě se štěpným plynem, nebo dusíkem, který sloužil jako fluidní medium. Sledovalo se chování plastů jako polyetylen, polystyrol, polypropylen a polyvinylchlorid. Mezi další práce v oblasti pyrolýzy byla např. práce na pyrolýze pneumatik, které byly před uvedením do procesu rozdrceny. Významná práce v oblasti pyrolýzy pochází také z výzkumných laboratoří Occidental Petroleum a Hitachi, ve které se zabývali posuzováním pyrolýzy komunálního odpadu [37] [39].

V poslední době je snaha o využívání obnovitelných zdrojů a o nahrazení alespoň části spotřeby fosilních paliv. Jsou rozvíjeny nové technologie pyrolýzy pro využití různých materiálů a jejich energetickému využití [12].

## **2.2 Novodobé pyrolýzní postupy**

Výzkum se v posledních desetiletích zabývá aplikací pyrolýzy na odpadní látky. Především na ty, které mají vhodné vlastnosti pro pyrolýzní způsob zpracování. Jsou to zejména komunální odpady a biomasa. Jejich obsah uhlíku spalitelných látek je vyšší, proto mají vyšší výhřevnost a obsah popelovin je nižší. Produkty z pyrolýzy se mohou dále využívat. Vzniklý plyn z pyrolýzy se využívá ke spalování v turbíně, která vyrábí

elektrický proud, nebo se může použít spalováním v kotli, kde dochází k výrobě tepla. Dalším využitím může být úprava vzniklého plynu, který se konverguje na motorová paliva prostřednictvím postupu Fischer-Tropsch [34].

Pilotních projektů energetického využití odpadů procesem pyrolýzy se uskutečnila celá řada. Pilotní zařízení bylo zpuštěno také v ČR. V této práci se budeme věnovat vybraným pyrolýzním postupům, některé si představíme blíže. Zmíněné postupy jsou rozděleny podle místa vývoje a použití, k použití některých technologií došlo také v dalších než ve zmíněných provozech [34] [39].

## 2.3 Pyrolýza odpadů

Podle zákona 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších předpisů, kde je pojem odpad definován v paragrafu 3 je odpad: „každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit“. Dále je paragrafem 11 stanoveno nakládání s odpadem. Ze zákona vyplývá, že má materiálové využití odpadu před odstraněním (viz. Obr. 1) [1] [2].



Obr. 1 - Hierarchie nakládání s odpady (odpadová pyramida) (zdroj: [26])

Pyrolýza patří mezi termické metody odstraňování odpadů. Základním kritériem pro třídění těchto metod je charakter prostředí v reakční komoře, který slouží k ukládání odpadu, jenž je určen ke zpracování (zneškodnění), který je určen obsahem kyslíku k zneškodňované látce. Podle toho můžeme zařadit pyrolýzu odpadů k redukčním procesům.

Při redukčních procesech je obsah kyslíku v reakčním prostoru podstechiometrický nebo nulový vzhledem k obsahu hořlavých látek ve zpracovávaném odpadu. Pyrolýzní způsob (viz. Tab 1) termického zneškodňování odpadů je vhodný pro odpady konstantního složení, není určen pro průmyslové, domovní či směsné odpady [2].

Jednotlivé termické metody bývají kombinované. Jednou z možností je kombinace pyrolýzy s odpalováním pyrolýzních plynů, nebo může být pyrolýza doplněna metodami stabilizace produktů. Další možností je přiřadit plasmový oblouk nebo proces vitrifikace [1] [2].

Kvantitativní výtěžnost produktů při pyrolýze z různých typů odpadů je odlišná. Uhlovodíky vzniklé při pyrolýze komunálního odpadu jsou výrazně odlišné od uhlovodíků průmyslových odpadů, kde je obsah kyslíku získaných uhlovodíků pod 1 %. U komunálního odpadu činí obsah 57,59 % uhlík, 7,8 % vodík, 33,4 % kyslík. Při pyrolýze SKO jsou tyto uhlovodíky termicky nestabilní, jsou rozpustné ve vodě ve velkém měřítku. Z toho důvodu je jejich nejvhodnější využití termické zhodnocení [39].

Pyrolýza odpadů je termický rozklad materiálů původně organických za nepřístupu medií, které obsahují kyslík (vodní pára, vzduch, oxid uhličitý). To vede ke vzniku jednotlivých frakcí kapalného, plynného a pevného skupenství. Teprve v druhém stupni se vpraví kyslík do procesu a dojde k vlastnímu spálení odpadu. Obvykle je proces doplněn odděleným spalováním těchto frakcí. Základem procesu je využití menší stability organických sloučenin při vyšších teplotách a rozkladu výšemolekulárních látek na nízkomolekulární, to má za následek jejich rozpad na koks a těkavé produkty. K tomuto procesu dochází při teplotách od 150 °C do 1 000 °C [1] [7].

Dělení pyrolýzy dle teplot:

- nízkoteplotní pyrolýza (reakční teplota do 500 °C)
- středněteplotní pyrolýza (reakční teplota v rozmezí od 500 °C do 800 °C)
- vysokoteplotní pyrolýza (reakční teplota od 800 °C) [1] [7].

Tab. 1 - Charakteristické reakce uhlíku a vodíku, podrobnější znázornění reakcí (zdroj: [30])

Reakce		Reakční entalpie (MJ.Kl <sup>-1</sup> )
Spalování uhlíku	$C + O_2 = CO_2$	- 406,4
Částečná oxidace	$2C + O_2 = 2CO$	- 246,4
Reakce páry s uhlíkem	$C + O_2 = CO_2$	+ 118,6
Hydrogenace	$C + 2H_2 = CH_4$	- 83,8
Oxidace CO	$2CO + O_2 = 2CO_2$	- 567,3
Spalování vodíku	$2H_2 + O_2 = 2H_2O$	- 482,2
Spalování methanu	$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$	- 801,1
Vodní přesmyk	$CO + H_2O = CO_2 + H_2$	- 42,4
Methanace	$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$	- 206,7

*Poznámka: procesy se zápornou hodnotou jsou exotermické a teplo uvolňují, procesy s kladnou hodnotou entalpie jsou endotermické, dochází ke spotřebě tepla.*

### 2.3.1 Proces pyrolýzy

Pyrolýza má tři základní fáze svého průběhu

- Sušení
- Karbonizace
- Tvorba plynu

Pyrolýzní proces (viz. Tab. 2) je založen na odštěpování menších molekul z původních molekul s dlouhými řetězci. Průběh závisí na obsahu vlhkosti výchozího materiálu, na reakční době a pyrolýzní teplotě a na druhu a vlastnostech výchozího materiálu. Proces pyrolýzy se realizuje např. v rotační peci nebo v komorové peci, jež navazuje na termoreaktor. Reakční komora je vytápěna na vnější straně spaliny. Při teplotách od 500 °C do 550 °C dochází k nepřístupu vzduchu a následně k uvolňování hořlavých plynů, jenž jsou vedeny do termoreaktoru. Tam jsou pomocí přídavného hořáku nebo pouze přívodem spalovacího vzduchu při teplotách od 900 °C do 1 300 °C spáleny v přebytku kyslíku. Jestliže je výhodné generovat potřebné teplo přímo v reaktoru, je možná částečná oxidace pyrolýzních produktů přímo v pyrolýzní komoře. To zjednoduší konstrukční řešení reaktoru, ale stane se obtížnější na obsluhu [1] [8] [39].

Při teplotě 100 °C - 200 °C dochází k sušení materiál a odštěpování vody za vzniku vodní páry. Při tomto kroku je potřeba přivádět poměrně velké množství tepla, jelikož jsou probíhající reakce velmi endotermické. Spotřeba tepla činí cca 2 250 KJ energie na 1 kg vody [1] [8] [39].

V oblasti o teplotě od 200 °C do 500 °C probíhá suchá destilace. Nastává štěpení pobočných řetězců vysokomolekulárních organických látek, následuje přeměna na pevný uhlík a na kapalné a plynné organické produkty. Při teplotě 250 °C probíhá desulfurace, deoxidace, odštěpování CO<sub>2</sub> a vázané vody, depolymerace, počátek odštěpování H<sub>2</sub>S. Při teplotě 340 °C se štěpí alifatické uhlovodíky, vznikají jiné alifatické uhlovodíky a metan. Při teplotě 380 °C se proces dostane do karbonizační fáze. Od 400 °C se štěpí vazby uhlík-kyslík, uhlík-dusík [1] [8] [39].

Při zvýšení teplot od 500 °C do 1000 °C jsou produkty suché destilace následně štěpeny a transformovány. Zdrojem jsou jak pevný uhlík, tak kapalné organické látky. Dochází ke vzniku stabilní plynné látky: CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> H<sub>2</sub>. Tepelná účinnost a kvalita vznikajících produktů bude závislá zejména na podmínkách procesu a kvalitě vstupujících odpadů. Při vyšších teplotách vzniká nejprve pyrolýzní plyn. Při nižších teplotách vzniká zejména dehet [1] [8] [39].

Tab. 2 - Proces pyrolýzy (zdroj: [11])

<b>Pyrolýza</b>
reakce za vyloučení kyslíku, tepelný rozklad
<b>Teplota pyrolýzy:</b> od 500 °C do 1000 °C
<b>Produkty pyrolýzy:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>pevné</b> – tuhý (redukovaný) zbytek</li><li>• <b>plynné</b> – (pyrolýzní plyn): CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, NH<sub>3</sub>, ...</li><li>• <b>kapalné</b> – kapalné uhlovodíky, pyrolýzní voda (vytvořená z vlhkosti rozkládaného materiálu)</li></ul>
endotermní reakce
proces je málo citlivý na změnu složení odpadu (pastovité, tuhé odpady)

Poměr jednotlivých skupenství zbytků pyrolýzy je určen složením zpracovávaných materiálů, dá se ale do určité míry ovlivnit samotným procesem. Produkty se mohou dále



využívat, to je závislé na složení. Při spalování komunálního odpadu vznikají různé cizorodé látky, jako je např. chlór. V pevných produktech se nachází množství těžkých kovů [1] [8] [39].

### 2.3.2 Výhody a nevýhody pyrolýzních procesů

#### Výhody:

- Paliva produkovaná pyrolýzou jsou lépe prodejná než pára a teplo a jsou skladovatelná (olej, koks) nebo hodnotných produktů (syntézní plyn, vodík)
- Zařízení jsou investičně méně náročná a jednodušší
- Ve srovnání se spalováním vzniká malé množství plynných produktů
- Efektivnější použitelnost pro malé jednotky
- Možnost zpětného získání netaveného skla a neoxidovaných kovů ze zbytku
- Dochází k materiálovému zhodnocení odpadů jako pneumatiky, odpadní olej, plasty po stránce výhřevnosti
- Dochází k minimalizaci skládkových odpadů
- Získá vitrifikovaného inertu, který se užívá jako kvalitní stavební materiál [1] [39].

#### Nevýhody:

- Provoz jednotek je nákladnější
- Celková produkce energie je menší
- Pyrolýzní zbytek (koks) a kapalně uhlovodíky obsahují zvýšený obsah těžkých kovů, je problematické jejich odstranění [1] [39].

## 2.4 Metody pyrolýzy

Mechanismus pyrolýzy je závislý na složení látek, u nichž začíná proces pyrolýzy při různých teplotách. Průběh chemických reakcí v procesu odplynění lze cíleně ovlivnit, jelikož je závislý na mnoha faktorech. Kvalitativní složení produktů a jejich kvantitativní rozdělení určují následující faktory:

- Typ reaktoru, uvnitř kterého dochází k průběhu reakce jako fluidní vrstva, šachtový reaktor a rotační pec

- Provozní podmínky, mezi které řadíme např. dobu ohřevu, dobu zdržení, teplotu odplynění, tlak, plynnou atmosféru, katalytické účinky přítomných látek
- Chemické složení, velikost částic vstupujícího materiálu a obsah vody [39].

#### **Jednotlivé parametry a jejich vliv**

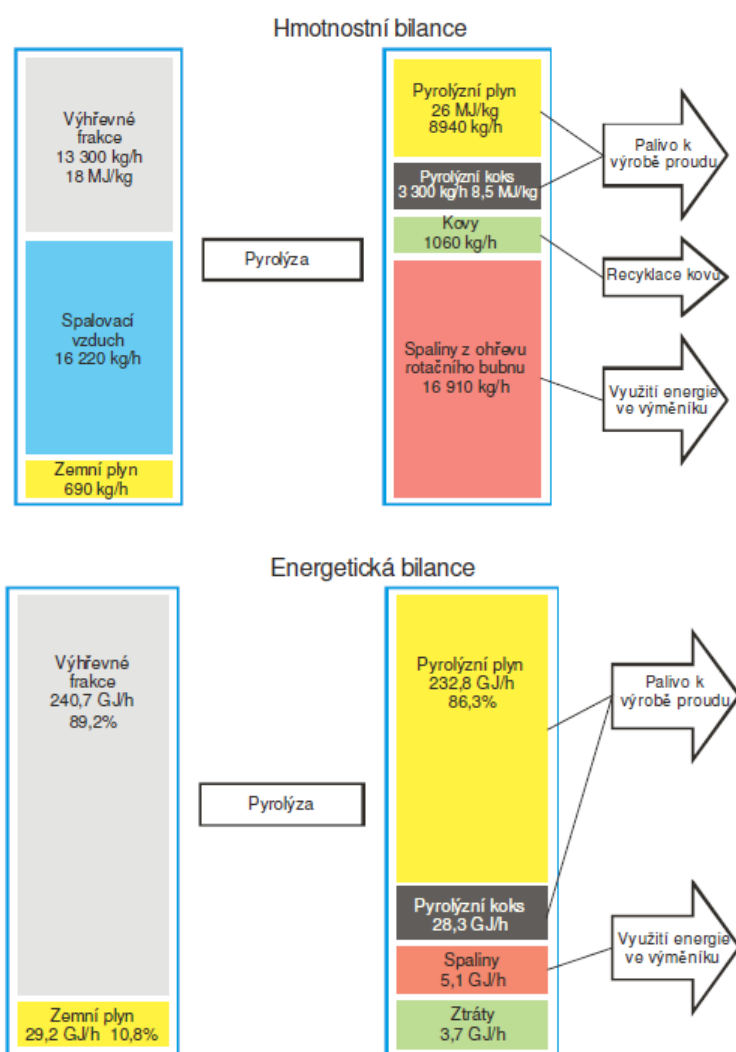
- Tlak a teplota
- Pyrolýza plastů
- Vedlejší produkty
- Energetická bilance

**Tlak a teplota** jsou parametry, mají vliv na probíhající štěpení uhlovodíkových molekul, který se stoupajícím tlakem probíhá symetričtěji a místo štěpení v řetězci se posouvá na konce molekul vlivem stoupající teploty. V důsledku dochází k tvorbě plynných uhlovodíků a konečné fázi vodíku. Při stoupající teplotě jsou štěpené vazby silnější. Výťažnost pyrolýzních produktů (oleje a pevného zbytku) je závislá na teplotě. Pyrolyzního postupu se např. využívá pro zhodnocování odpadů, pro štěpení směsí materiálu na pevné a plynné frakce aniž by muselo být dosahováno vysokých teplot pro průběh procesů, jako je to při spalování [39].

**Pyrolýza plastů**, vzhledem k jejich variabilitě je teoreticky možné teplotně programovatelnou pyrolýzou. Štěpit tuto širokou škálu i přes rozdílné štěpné mechanismy a rychlosti štěpení. Přínosem by mohlo být získávání definovaných chemických látek. To se zatím ale nepodařilo v jednoduché formě, s ohledem na velké množství vedlejších produktů, realizovat [39].

**Vedlejší produkty** jsou např. chlor, kyslíkaté a dusíkaté sloučeniny, síra, které přecházejí na základě redukční atmosféry při pyrolýze na odpovídající sloučeniny s vodíkem. Je podstatně redukována tvorba dioxinů a furanů. Pyrolýza má však v porovnání se spalováním výhodu v redukci objemu štěpného plynu. To umožňuje použití menšího zařízení při vypírce pyrolyzního plynu než u vypírky spalin, který je několikanásobný [39].

**Energetická bilance** (viz. Obr. 2) procesu pyrolýzy je příznivější než bilance spalování produktů pyrolýzy či zplyňování s následným spalováním syntézního plynu, jenž může být produktem zplyňování, proto je pyrolýza těmto procesům vždy předřazena. Pro dodání tepla pro průběh pyrolýzy se užívá energie zemního plynu, částečně se může teplo dodat produkovaným plynem. Následující bilance je pro jednodušší nástin na pyrolýzní plyn, jelikokož se předpokládá, že nedošlo ke kondenzaci složek před spalováním, jež mají za atmosférických podmínek kapalné skupenství. Pyrolýza je celkově endotermním procesem, část potřebné energie je však možno využít z vyrobeného pyrolýzního plynu. Proces pyrolýzy je vyhovující požadavkům životního prostředí, jestliže se cíleně odstraní plynné a kondenzovatelné škodliviny [39].



Obr. 2 - Hmotnostní a energetická bilance pyrolýzy (zdroj: [39])

#### **2.4.1 Rychlá pyrolýza**

Rychlá pyrolýza je jedna z nejnovějších metod. Mění biomasu na produkty vyšší energetické úrovně (kapaliny, plyny a pevné látky). Primární energetický produkt je kapalina (bioolej) tvořící 50 % – 70 % hmotnosti původního materiálu. Hustota je  $1,2 \text{ kg/dm}^3$ , výhřevnost je od 16 kJ/kg do 19 kJ/kg. Energetická hodnota je 4 – 5 x vyšší oproti původní surovině, to výrazně usnadňuje logistiku. Biomasa se před použitím rozdrtí na stanovenou velikost určenou typem pyrolýzní jednotky pro snadnější separaci pevných částí. Biomasa se vysouší pro snížení vlhkosti pod 10%. Proces je založen na rychlém přívodu tepla k surovině, následuje udržení teploty na  $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , dojde ke krátkému zdržení par v reakční zóně, po té se produkt rychle ochladí v kondenzátoru. Tento olej má širokou škálu užití, od výroby tepla, elektřiny, pohonných hmot až k užití v chemickém průmyslu [28].

#### **2.4.2 Pomalá pyrolýza**

Tato metoda bývá označována jako karbonizace. Produkt vzniklý při tomto způsobu pyrolýzy má přibližně stejný podíl kapalných, tuhých a plyných produktů, to je způsobeno teplotou procesu, ten probíhá při teplotě  $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tento proces můžeme dělit na základní dvě varianty. Ty se liší způsobem dopravy tepla do procesu.

- Pálení v retortách – teplo je vpravováno přes plášť z venku spalováním dalšího paliva.
- Karbonizační pece – teplo je vpravováno spalováním části paliva zevnitř [29].

#### **2.4.3 Pyrolýza plazmovým hořákem**

Tato metoda je označována jako pyroplazmatický postup. Teploty dosahují od  $5\,000 \text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $10\,000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Uvolněné nízkomolekulární uhlovodíky a pyrolýzní plyny  $\text{H}_2$  a  $\text{CO}_2$  lze použít k získání energie. Při zpracování plastů a dalšího odpadového materiálu však vznikají atomy halogenů, které jsou problémem. Je nutné zachycovat je zvláštním absorbérem. Nevýhodou tohoto vyvíjejícího se postupu jsou vysoké investiční náklady [1]. Metoda je efektivní z pohledu odstraňování těžkých kovů z pevných produktů [27].

#### 2.4.4 Vakuová pyrolýza pneumatik

Tento proces probíhá v prostředí za sníženého tlaku a bez přístupu kyslíku, je označován jako termální de-polymerace [33].

##### Pyrolýza pneumatik

Pneumatiky se vyrábí z vláknitých materiálů, sazí, kaučukových materiálů, anorganických příměsí a dalších. Obsahují značné množství látek s vysokou prchavostí a také pevný uhlík, jehož výhřevnost je vyšší než výhřevnost uhlí [4]. Pneumatiky mohou být významným zdrojem energie, protože mají dobré energetické vlastnosti a příznivé materiálovému složení Kogenerační zařízení je jednotka (spalovací motor), ten pohání generátor, který vyrábí elektřinu. Použité odpadní teplo (např. z chlazení motoru, výfukových plynů, mazacího oleje) se použije pro výrobu teplé užitkové vody a pro výrobu vody použité k vytápění [4]. Pyrolýzní procesy při energetickém využití pneumatik jsou z hlediska vlivů na životní prostředí méně přijatelné než spalování v cementářských pecích. Dochází totiž k produkci škváry a popílku s povinností ukládání na skládky nebezpečného odpadu. Při spalování v cementárnách se šetří klasické palivo z neobnovitelných zdrojů, je také sníženo množství vypouštěných emisí do ovzduší, zejména CO<sub>2</sub>. Při spálení pneumatik nezůstává odpad ve formě popelu, při použití efektivního systému čištění emisí je tento způsob využití pneumatik velmi šetrný k životnímu prostředí. Výhřevnost hrubě nadrcených pneumatik bez většiny odstraněných ocelových částí je 32 GJ/t. Při neodstranění ocelových částí je výhřevnost kompletní pneumatiky 27 GJ/t. Velikosti od sebe oddělovaných částí pneumatik se liší podle použité technologie spalovacího procesu a podle zařízení pro energetické využití pneumatik [5] [9].

Kogenerační zařízení je jednotka (spalovací motor), která pohání generátor vyrábějící elektřinu. Použité odpadní teplo (např. z chlazení motoru, výfukových plynů, mazacího oleje) se použije pro výrobu teplé užitkové vody a pro výrobu vody použité k vytápění [3].

Vyráběné produkty jsou z kvalitativního a kvantitativního hlediska závislé na teplotě, při stoupající teplotě pyrolýzy v oblasti 600 °C – 850 °C se zvyšuje podíl plynu a uhlíku, při tom klesá podíl kapalných uhlovodíků. Dále se zvyšuje tvorba sazí a roste obsah uhlíku v tuhém zbytku. Dochází k snižování podílu nafténů a parafínů v uhlovodících.

Zvyšuje se podíl aromatů. Obsah metanu a vodíku se zvyšuje na úkor vyšších uhlovodíků, souběžně klesá výhřevnost plynu [39].

#### **2.4.5 Pyrolýza biomasy**

Z pozorování na Taiwanu se naměřilo, že náklady na kubický metr pyrolýzního oleje činily v říjnu 2012 11.758 USD. Kubický metr poskytne 36 019 MJ energie. Emise CO<sub>2</sub> z pyrolýzního oleje činí 176,6 kg/ m<sup>3</sup> oproti emisím z topného oleje a uhlí se mohou tedy snížit o 2835 kg CO<sub>2</sub> eq/kg. Jeden z důvodů vývoje této technologie je snaha o snížení emisí CO<sub>2</sub>. Při energetickém využití biomasy se uplatňují 3 základní cesty:

- termo – chemická dráha včetně karbonizace, pyrolýzních technologií a zplyňování
- fyzikálně chemická konverze, včetně lisování, odsávací a transesterifikační technologie
- biochemická konverze, alkoholové kvašení, anaerobní fermentace a technologie kompostování

Těmito procesy se zajišťují biopaliva ve formě pevných látek (např. uhlí), kapaliny (např. bionafta a lkholy), nebo plynné. Jako vstupní surovina byly použity odřezky a odpad z cypřišovitě rostlina *Cryptorenia*, která je používána např. pro výrobu nábytku. Jednotka vyrobí 10 000 t pyrolýzního oleje za rok. Hodnocení se provedlo pomocí LCA, bylo potřeba zahrnout všechny fáze od sběru biomasy, výroby pyrolýzního oleje, přepravy produktu až k použití výrobku. Bylo použito „Eko-indikátoru 95“, který hodnotí dopad emisí na ekosystém. Z výsledků vyplývá, že pyrolýza biomasy má vysokou energetickou účinnost a přínos pro životní prostředí. Nemůže však zatím se současnou technologickou vyspělostí konkurovat fosilním palivům s jejich současnou cenou [42].

### **2.5 Trendy v technologii pyrolýzy odpadů v ČR a ve světě**

Technologie pyrolýzy je pravděpodobně perspektivní, stále ještě ale nestandardní, zařízení jsou dodávána na klíč. Prosazení se mezi ostatními termickými způsoby zneškodňování odpadů, při kterých se vyrábí energie je komplikovanější také z důvodu neúspěchu některých pyrolýzních technologií v Siemens v německé Schwarze Pumpe a Italské Thermoselect, které jsou dnes již mimo provoz. U nás jsou značné legislativní

překážky a také negativní názory některých odborníků. Názor veřejností je stejný jako u klasických technologií energetického využití odpadů. Proces pyrolýzy se využívá také pro jiný vstupní materiál než odpad. Pyrolýzní postupy se ukazují jako vhodné termické postupy zpracování odpady [19] [35] [40].

Pyrolýza se v poslední době řadí společně se splyňováním uhlí k perspektivním postupům v EVO. Bohužel i se stávajícím výzkumem a technologickým vývojem v této oblasti nejsou tyto technologie v oblasti odpadů tak komplexní, aby byla pro potencionálního zájemce možné je okamžitě bez dalších prací a příprav zpustit. V dnešní době jsou provozy, kde je o technologie EVO zájem, jde např. o oblast zpracování použitých pneumatik a komunálního odpadu [43].

Základem většiny dnes provozovaných pyrolýzních systémů je termický rozklad odpadu v rotační peci, která je zevně vytápěná spaliny, vzniklými z následného spalování pyrolýzních plynů v termoreaktoru. Technologie pyrolýzy pro zpracování odpadů v průmyslovém měřítku nebyla v České republice zatím aplikována [37].

I přes současnou situaci v naší zemi můžeme očekávat postupem času vývoj této oblasti EVO.

Ve světě je situace v oblasti EVO metodou pyrolýzy do značné míry odlišná než u nás. Jako příklad můžeme brát např. SRN a Japonsko, bližší informace jsou uvedené v následující kapitole.

**Pyrolýzních reaktorů** pro termické zpracování odpadů byla vyvynuta řada. Byly to například diskontinuální pyrolýza v autoklávu. Posloužil při řešení problematiky oddělování fází a odstruskování. Výhoda reaktoru je v jeho jednoduchosti, nevýhodou reaktoru je však šaržový postup v inertní atmosféře v najíždění a odstavování. Pyrolýza v šachtové peci byla testována firmou Kroyer v Dánsku, materiálem byl SKO. Potýkali se však s problémem výměny tepla z reakční stěny na materiál a přenos tepla během vsádky. Reaktor může mít jen malou šířku, má delší zdržení pro úplné vyzrátní koksu. Pro vyšší dosažení vyšší efektivity lze zařadit reaktory paralelně. K pyrolýze měděných kabelů byla testována vně vyhřívaná trubka. Materiál je do reaktoru dopravován kombinací táhla a podávací tyče. Výsledkem je získání metalicky čistě mědi. Pyrolýza odpadních polyolefinů v kapalně fázi byla použita v Japonsku. Probíhala při reakčních teplotách 400 °C – 450 °C, produkty byly bohaté na alifatické olefiny. Reaktory používané pro pyrolýzu tvořené

rotačním bubnem mohou být ohřívány konvekci i sáláním zevnitř i vně s kouřovody, nebo prostřednictvím keramických kuliček. Tento typ reaktorů se používá pro pyrolýzu SKO, může být použit také pro jiné pyrolýzy schopné odpady. Výhoda je krátké zdržení, malé tepelné ztráty a hrubě drcený materiál. Přidáním přísad se efektivně neeliminují škodlivé látky, jelikož dochází k malému kontaktu plynu s pevnou fází. Nejčastěji používané reaktory jsou ve tvaru rotačního bubnu. V tomto případě jsou plyny vedeny souproudem, zdržují se kratší dobu v reaktoru, proto nelze dosáhnout dostatečné rovnováhy. Ze začátku dochází k vzniku nevýhřevných pyrolýzních plynů  $H_2O$  a  $CO_2$ , ty odcházejí poměrně rychle z reaktoru, aniž se částečně posune rovnováha v intenzivním kontaktu s koksem směrem k  $CO$  a  $H_2$ . Z tohoto důvodu dochází při pyrolýze ke vzniku méněhodnotných plynů v reaktoru [39].

### **Zařízení s fluidní vrstvou**

V průmyslovém měřítku jsou fluidní technologie založeny na zplyňování ve fluidní vrstvě za nízkých teplot zpravidla  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  v kombinaci s následným přímým spalováním vyrobeného plynu. Odpady se musí předúpravit, např. v procesu Ebara na velikost 30 cm. Je to hlavní technologie používaná v Japonsku pro pyrolýzu odpadů, jde např. o procesy Kobe Steel, Hitachi, Ebara. V této oblasti je nejvíce využíván proces Ebara s 6 provozů na KO, 3 další jsou založeny na různých proudcích odpadů. Fluidní zplyňování představuje ve srovnání k jiným technologiím možnosti zpracování širšího spektra odpadů, možnost zpětného získání neželezných a železných kovů, neroztavených, které nejsou oxidované [39].

### **Postupy s rotačními bubny**

Teplota v rotačním bubnu se pohybuje ve výši  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ohřívání je zprostředkováno odplyny z plynového motoru uvnitř nebo vně. Je potřeba vyčistit pyrolýzní plyn na rozžhaveném koksovém loži od dehtu z procesu pyrolýzy. Plyn se ochladí, vyčistí v pračce a spaluje se na plynovém motoru, spojeném s generátorem. Horké spaliny z motoru jsou použity jako zdroj tepla pro reaktor pyrolýzy. Tato technologie je použita ve většině pyrolýzních reaktorů provozovaných v průmyslovém měřítku v SRN, patří sem i obě do dnešní doby pracující pyrolýzní zařízení v SRN a to sice DKMI v Hamm a v Burgau [39].



### **Šachtové pece**

V 70. letech se staly běžné hutnické vysoké pece základem pro vývin šachtových pecí s výstupem strusky pro pyrolýzu odpadů. Dávkování odpadu se provádí společně s vápencem a koksem do šachty. K roztavení koksu sloužil vzduch, kyslík nebo vzduch obohacený kyslíkem přehřátý na přibližně 1 000 °C. Postupně se plnil reaktor materiálem, ten byl v protiproudu vysoušen vstupujícími odplyny, ohříván a termicky rozkládán. Po reakci koksu a vytvořeného uhlíkatého materiálu se vzduchem obohaceným kyslíkem v tavicí zóně se vyráběla granulovaná struska, popílek, železo a plyn, ten se spaluje v parním kotli. Následuje vitifikace tekuté strusky ve vodní lázni. Tento typ reaktorů se provozuje v Japonsku, vůdce v tomto směru je Nippon Steel. Ještě v roce 2008 se evidovala 3 zařízení ve výstavbě a 21 zařízení v provozu o kapacitě 100 t/den – 450 t/den [39].

### **3.0 Přehled existujících a vyvíjených pyrolýzních jednotek pro energetické využití odpadů v zahraničí a v České republice**

Co se týče energetického využití komunálních odpadů prostřednictvím procesu pyrolýzy, není v České republice v provozu žádná komerční jednotka na rozdíl od spaloven, které jsou u nás (SAKO Brno, ZEVO Malešice, TERMIZO Liberec). Tyto spalovny pracují na principu roštových kotlů, následné čištění spalin je na nejvyšší možné technologické úrovni [38]. O využití zplyňování odpadů v tlakové plynárně se uvažuje ve Vřesové v Karlovarském kraji [39].

#### **3.1 Existující a vyvíjené pyrolýzní jednotky v České republice**

##### **3.1.1 Pyromatic**

Otevřené společenství Klastř ENVICRACK bylo založeno 20. 12. 2005. Toto společenství se zaměřuje na široké spektrum zkoumání obnovitelných a druhotných zdrojů energie. Jedna sekce je zaměřena na energetické využívání odpadů pomocí pyrolýzy. V roce 2003 byl zapojen první vyrobený prototyp s označením PYROTRONIC. Po úpravách, které na systému proběhly, byla spuštěna zkušební verze prototypu. Byla prováděná měření a následně docházelo k optimalizaci procesu, až se dospělo k nejefektivnějšímu poměru výstupních frakcí z pyrolýzního procesu. Suroviny určené k využití jsou pneumatiky, kaly, nemocniční odpad, plasty, biomasa, atd. Materiál je drcen a zahříván na teploty od 600 °C do 800 °C, zpracováno je 5 – 10 kg suroviny za hodinu. Společenství Klastř ENVICRACK úzce spolupracovala s VŠB – TUO při vývoji jednotky schopné výroby tepla a elektrické energie ze škály organických látek. Na zkoumání se podílela řada odborníků z několika vysokých škol. Výsledky potvrdili funkčnost zařízení a energetickou bilanci procesu včetně rizik a negativních jevů. Byl vytvořen matematický model, jehož výsledkem bylo potvrzení ekonomických přínosů, návratnost byla určena na dobu 4 až 6 let. V roce 2009 byla jednotka Pyrotronic uvedena do zkušebního provozu pod označení Pyromatic jako poloprůmyslová pyrolýzní jednotka. Sestavení jednotky proběhlo v Ostravě – Vítkovicích za spolupráce VŠB – TUO a dalších členů společenství [6] [17].

Mechanicky upravený materiál je pásovým dopravníkem dopraven do uzavřeného zásobníku. Následuje jeho postupné dávkování zásobníkovou stěrkou a šnekovým

dopravníkem do pyrolýzní pece, která je přehřátá na teplotu 500 °C – 700 °C, postupně se materiál dávkuje do pyrolýzní retorty. Retorta je dlouhá 4 000 mm, má průměr 2 x 210 mm a 1 x 110 mm. Materiál v retortě posouvají tři šneci, kterými se určuje doba zdržení materiálu v aktivní zóně retorty, což je 20 min. – 80 min. Ohřev retorty zajišťuje 5 sekcí plynových hořáků, celkový výkon těchto propanových hořáků činí 50 kw – 200 kw. Maximální provozní teplota dosahovaná hořáky je 800 °C. Dochází k rozkladu vstupního materiálu na tuhý uhlíkový zbytek jímajícího na konci sekundárního šneku a na plynnou fázi, odváděnou potrubím do cyklonu z retorty. V cyklonu jsou odlučeny tuhé znečišťující látky pomocí gravitace a dochází k expanzi plynu. Vyčištěný plyn je následně přenesen do dvou křížových chladičů pyrolýzní plyn – vzduch, které tvoří primární chladicí stupeň. Pyrolýzní výměník plyn – voda tvoří sekundární dochlazování, plyn se podchlazuje, aby nedocházelo k další kondenzaci v potrubí. Následuje shromažďování kondenzátu z chlazení pyrolýzního plynu v nádrži na kapalnou fázi. Kondenzát se skladuje v nádrži, s míchadlem, aby se zabránilo sedimentaci těžkých uhlovodíků. Následně se ochlazený plyn odvádí a do zásobníku, odkud je spotřebováván dalšími technologiemi. Pyrolýzní jednotka je řízena počítačem z řídicího střediska ve vedlejší budově. Ze vzorků odebíraných sondou se analyzují H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, TOC. Měří se průtok plynu, vlhkost a teplota plynu za sekundárním chladičem. Zařízení je do určité míry energeticky soběstačné. Při procesu je využito sorpčních vlastností oxidů kovů a uhlíku pro vazbu škodlivin do sloučenin, které jsou stabilní. Vystupují z procesu v podobě tekuté strusky, jenž postupně chladne. Vyluhovatelnost látek s negativními vlastnostmi je nulová, můžou se užít jako inertní stavební materiál [39] [10].

### **3.1.2 ELIAV a.s.**

Koncem roku 2010 byla v Česku instalována demonstrační jednotka vakuové pyrolýzy. Instalaci provedla společnost Agmeco LT, s. r. o. Jednotka má kapacitu 250 kg vsázky (odpadu) za hodinu. Linka je provozována ve Velké Dobré u Kladna Společností ELIAV a. s. Tato společnost se zabývá ekologickou likvidací vyřazených vozidel a zařízení je určeno k odstraňování a energetickému využití odpadů vznikajících při této činnosti, zejména plastů a pneumatik. Jednotka slouží zároveň jako demonstrační jednotka pro zájemce o vsázku různých typů odpadů a testování použitelnosti v procesu [25].

### **3.1.3 TEMEX**

Tato společnost se zabývá zejména vzduchotechnikou, automatizací, stroji a prodejem. Na trhu je od roku 1991. Vyvíjí také složitější celky, zejména ve směru energetického využití biomasy a odpadů jako kontaminované biomasy. Po změně vedení, které mělo na starost tento směr vývoje ve firmě, došlo v tomto směru k útlumu. Až v posledních deseti letech, kdy se začíná více hovořit o fosilních palivech a jejich vyčerpání, začala firma opět pracovat na výzkumu této oblasti, spolupracuje např. s VŠB – TUO. Zaměřují se však např. na technologii zplyňování [25].

### **3.1.4 Spalovna v Brně**

První spalovnou na území ČR byla postavena v Brně mezi lety 1904 – 1905. Maximální objem zpracovávaného odpadu za den byl 27,5 t. Pára poháněla turbinu o výkonu 300 kW, na kterou byl napojen generator střídavého proudu s výkonem 220 kW. K rozšíření došlo v 30. letech, fungovala až do roku 1941, kdy byla zničena při náletech na Brno [43].

### **3.1.5 Spalovna v Praze Vysočanech**

Druhá v pořadí byla spalovna komunálních odpadů v Praze – Vysočanech, která byla budována v letech 1930 – 1933. Do provozu byla uvedena o rok později. Spalovací baterie měly dva kotle s kapacitou 200 t/den. Páru využívaly jak okolní podniky, tak i samotná elektrárna, kde pracovaly dva turbogenerátory každý o výkonu 5 MW. V období mezi roky 1959 – 1982 proběhla rekonstrukce celé spalovny. Po další rekonstrukci na konci 80. let zpracovávala až 45 t odpadu za hodinu. Provoz byl ukončen v roce 1997 [43].

### **3.1.6 SAKO Brno**

Spalovna odpadu v Brně, dnešní SAKO Brno, a.s. byla vybudována v období mezi roky 1984 – 1989. Maximální kapacita spalovny činila 240 tis. tun odpadu za rok. Po rekonstrukci v letech 2008 – 2011 se zvýšila celková kapacita na 240 tis. tun odpadu ročně, výhřevnos činí 8 – 9,6 MJ/kg. V dnešní době je schopna spalovna uspokojit až 30 % potřeby páry města Brna. Kotle jsou vybaveny rošty Martin GmbH, které jsou určeny k spalování tuhých odpadů. Spaliny mají na výstupu z kotle teplotu 195 °C, do horní části absorberu jsou přiváděny kouřovodem. Spaliny jsou čištěny polosuchou vápennou

metodou, společně s provozními a technickými opatřeními je řešena problematika dioxinů, těžkých kovů a dalších persistentních organických polutantů. Předchozími reakcemi neodstraněné dioxiny a těžké kovy se váží povrch aktivního uhlí, které se vhání do kouřovodů linek před absorbéry. Na tkaninový filtr jsou následně vedeny spaliny včetně zbytků nezreagovaných činidel, reakčních produktů neutralizace a popílku. Před vstupem do 125 m vysokého komínu se provádí kontinuální analýza [43].

### **3.1.7 ZEVO Malešice**

V roce 1988 byla započata výstavba spalovny tuhého komunálního odpadu v Praze (ZEVO) Malešice, zprovozněna byla o rok později. Celková kapacita spalovny činí 310 tisíc tun odpadu za rok. Nová kogenerační jednotka, která byla zprovozněna v roce 2010, zvýšila výrobu energie z odpadu, tepelné energie dodává přibližně 1 000 TJ a elektřiny přibližně 90 000 MWh za rok. Instalovaná turbína má výkon 17,6 MWe. Spaliny procházejí několikasupňovým systémem čištění spalin. Rozprašovací sušárna předchází elektroodlučovač, který je druhým stupněm čištění, následuje kombinovaný katalyzátor (SCR) pro oxidační rozklad furanů a dioxinů a pro odbourávání oxidů dusíku. Následovně dvoustupňové mokré čištění spalin zajišťuje předpračka, odloučení chloridů, bromidů, fluoridů a jodidů. V dalším stupni se absorbují  $\text{SO}_3$  a  $\text{SO}_2$ . Čištění spalin je tedy pětistupňové. Většina emisních hodnot jsou pod deset procent z povolených limitů [43].

### **3.1.8 TERMIZO a.s.**

Jako poslední moderní spalovnou komunálního odpadu na našem území se uvedla do provozu v Liberci (TERMIZO a.s.). V roce 1997 byla výstavba započata, zkušební provoz zařízení byl zahájen v roce 1999, zkolaudována byla spalovna o rok později. Kapacita spalovny je 96 tisíc tun odpadu ročně. Jediná spalovací linka v zařízení je osazena spalovacím roštem system von Roll s kapacitou 12 tun za hodinu. Předehřátá vodní pára je odváděna do místní teplotyrenské soustavy [43].

### **3.1.9 Nově navrhované projekty EVO**

Nejdále byly rozpracovány záměry v Moravskoslezském a Plzeňském kraji. KIC Odpady, a.s. (Krajské integrované centrum nakládání s odpady). Projekt úspěšně prošel posuzováním vlivů záměru na životní prostředí, stavebním a územním řízením. Uvedení do

provozu bylo plánováno na rok 2015. V současnosti zapříčinila žaloba vztahující se na platnost stavebního povolení pozastavení realizace, kterou podalo občanské sdružení. Parametry spalovny jsou podle projektu 192 tisíc tun komunálního odpadu, výkon turbíny činí 15 MWe [43].

Dalším plánovaným závodem je ZEVO v Chotíkově u Plzně (Závod na energetické využití odpadu). Zařízení by mělo pracovat v kogeneračním režimu. Očekává se využití 100 tisíc tun komunálního odpadu ročně. Plánované zprovoznění zařízení je v roce 2015. Momentálně prochází procesem posuzování záměru a jeho vlivů na životní prostředí, stavebním povolením a územním řízením. Skladování odpadu se bude realizovat v odvětrávaném bunkru, následné spalování bude prováděno v ohništi s přesuvným roštem. V ohništi vzniklou energii bude využívat parní kotel s výkonem 38,7 t páry za hodinu. K výrobě páry 4,1 MPa a 400 °C. Páru využije kondenzační turbogenerátor (TG) s možností regulovaného odběru k výrobě elektrické energie 7,3 MWe. K výrobě horké vody se využije pára z regulovaného odběru, voda se bude dodávat do sítě CZT Plzeňské teplárenské. Spaliny se budou čistit kombinovanou metodou, budou procházet rozprašovacím sušícím reaktorem, tkaninovým filtrem, třístupňovou pračkou spalin a metodou SCR Katalytickým reaktorem DeDiox a DeNO<sub>x</sub> [43].

Další plánovaný projekt je Integrovaný systém nakládání s odpady v kraji Vysočina, jehož součástí je též spalovna odpadu [43].

Můžeme zmínit také záměr společnosti United Energy, a.s., která má v plánu postavit zařízení EVO jako součást areálu teplárny Komořany o kapacitě 100 – 150 tisíc tun odpadu ročně. Provoz je plánován od roku 2015 [43].

Stavba spalovny TKO je uvažovaná v prostoru elektrárny Opatovice. Plánovaná kapacita je 100 tisíc tun odpadu, teplo se využije v královéhradecké a pardubické aglomeraci [43].

Na našem trhu nabízeným zařízením je např. pro zpracování pneumatik a dalších druhů odpadů pyrolytická linka M3RP, dodavatelem je AmbientEnergy LLC z USA, výrobu zajišťuje SCOGEN z Indie. Další zařízení pochází z Itálie od firmy Pyros. Zařízení vyráběné v ČR pochází od firmy Hedviga spol. s r.o., obchodní název je PTR. Je určeno pro energetické využití široké škály odpadů, jako vstupní materiál může být použity pryžové materiály, komunální odpad, pneumatiky, čistírenské kaly, biomasa a další [43].

Metoda pyrolýzy EVO je použitelná ne jen na tepelné zpracování čistírenských kalů a komunálních odpadů, může být uplatněna také při úpravě odpadů z kabelů, při jejím látkovém využití, při úpravě plastických a kovových materiálů, k využití použitých pneumatik a plastových odpadů a k dekontaminaci půd [43].

Vzhledem ke strategii vývoje odpadového hospodářství a vzhledem k současnému nakládání s odpady a k bilancím můžeme očekávat, že na našem území v roce 2020 bude potřeba provozovat zařízení, jehož celková kapacita zpracovaného odpadu bude 2 mil. tun SKO ročně. S průměrnou výhřevností SKO se získá minimálně 20 mil. GJ energie za rok. V dnešní době při spálení přibližně 360 tis. tun SKO za rok a při výhřevnosti 10 MJ/kg získáme asi 3,6 mil. GJ energie [43].

Tři spalovny spalující komunální odpad na našem území mají kapacitu přibližně 600 tis. tun ročně. Upravených vybraných komunálních odpadů v cementárnách a v bioplynových stanicích a metodou zplyňování je přibližně 350 tis. tun ročně. Když sečteme množství komunálního odpadu použitého ve spalovnách (600 tis. tun), ve třech chystaných spalovnách (400 tis. tun) a v dalších zařízeních, které patří k EVO (350 tis. tun), vyjde nám 650 tis. tun SKO, který nebude možno uložit v roce 2020 na skládky odpadů. Do budoucna je otázka EVO potřeba řešit. K důvodům patří také reálné sankce za nesnižování skládkovaných odpadů, které jsou biologicky rozložitelné. Odpad je vhodný pro nahrazení jiných zdrojů energie. Ve srovnání s vyspělými zeměmi zaostáváme v energetickém využití odpadů [43].

Ústav chemických procesů AV ČR spolupracuje s Technickou univerzitou ve Vídni na projektu malé zplyňovací elektrárny, která spolehlivě pracuje v Güessingu od roku 2002. Pracuje na principu energického zplyňování. Realizaci procesu provedlo konsorcium Technologické centrum biopaliv Lovosice. Naplánovaný prototyp bude mít spotřebu 2,5 t dřevní štěpky za hodinu, tepelný výkon bude 4,5 MW, elektrický výkon bude 2 MW. Investice bude činit asi 250 mil. Kč. Pilotní projekt bude v provozu i bez dotací po dobu pěti let. Prostřednictvím dostatečného množství vyrobeného syntézního plynu je možné pracovat na přepracování na motorová paliva. Projekt byl z důvodu nedostatku biomasy přemístěn do prostoru společnosti DEZA ve Valašském Meziříčí. Bohužel se ani tam zřejmě z finančních důvodů realizace provozní linky nedočkáme. [44].

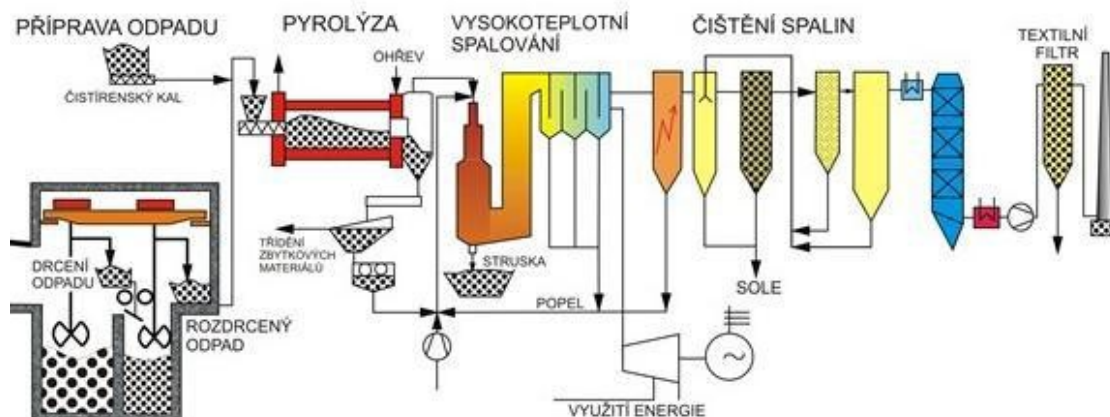
## 3.2 Existující a vyvíjené pyrolýzní jednotky ve světě

### 3.2.1 Evropa

#### KWU proces Technologie S-B-V (Schwel-Brenn-Verfahren) – SRN, Ulm, Wieblingen

**Postup** – rotační buben, nepřímý ohřev do 700 °C, **druh odpadu** – SKO, **produkty** – energie, **kapacita** – 200 kg/h. Stavebním pilířem této technologie byl patent společnosti Siemens – KWU. Pilotní jednotka (viz. Obr. 3) v Ulm-Wieblingenu byla postavena v roce 1988. Základní cíl postupu byla výroba syntézního plynu. Po 10 letech byla zprovozněna další jednotka a to ve městě Fürth. Kapacita je stanovena na 100 000 t/rok. Došlo k přerušení zkušebního provozu kvůli problémům při najíždění. Projevily se nedostatky ve zpracování tuhých zbytků. Došlo k novému vyzdění komory, po půl roční pauze byl obnoven zkušební provoz. Projevila se slabá místa jako např. dávkovací systém, úprava plynu a další. V srpnu 1998 byl provoz z důvodu poruch a odstoupení Zweckverband od smlouvy odstaven [12] [14] [39].

Rozdrcený směsný odpad s čistírenským kalem je v rotačních pyrolýzních pecích zahříván na 450 °C zpracováván, zde se zdrží 1 hodinu. Z tuhého zbytku je na sítích oddělováno sklo, kamení a kovy pocházející z původních surovin. Následně je pyrolýzní plyn společně s vyčištěným tuhým (karbonizovaným) zbytkem spalován a to při teplotách od 1 200 °C do 1 300 °C. Vzniklá struska se může po granulaci použít do portlandských cementů, nebo se deponuje na skládky. Spaliny jsou odsířeny, denitřikovány a odstraní se z nich adsorpčním způsobem PCDD a PCDF [12] [14] [39].



Obr. 3 - Schéma jednotky S-B-V (zdroj: [16])



### **KPA proces – SRN, Aalen - Unterkochen**

**Postup** – rotační buben, nepřímý ohřev, 500 °C – 700 °C, **druh odpadu** – SKO, **produkty** – energie, **kapacita** – 1 t/h. Pilotní zařízení mělo kapacitu 3 t/h, bylo použito k demonstračním účelům, do provozu bylo uvedeno v roce 1982. Reaktor tvoří zevnitř ohříváný buben. Byla vybrána cesta nízkoteplotní pyrolýzy s možností použití feritické oceli u rotující pece, tím by se snížily investiční náklady. Konvertorem vedené pyrolýzní plyny se zde štěpily, organické látky na uhlovodíky s krátkým řetězcem. Štěpný plyn získaný z procesu se spaloval v plynovém motoru s generátorem a produkovala se elektrická energie. Odplyny z plynového motoru byly použity k ohřevu rotační pece [39].

### **DAL – SRN, Plaidt u Koblenz**

**Postup** – rotační buben, **druh odpadu** – SKO, pneumatiky, **produkty** – pyrolýzní plyn, **kapacita** – 2 t/h. Deutsche Anlage Leasing instalovala v Plaidtu u Koblenz zařízení na pyrolýzu SKO. Prvním reaktorem byl vybrán DAL rotační pec, která byla ohřívána zvnějšku o průměru 1 m a o délce 10 m. Po rotační peci následovala spalovací komora a dále čištění spalín. Byly prováděny další pokusy s jinými odpady (plasty, pneumatiky, drcené kabely) [39].

### **Hamburg postup – SRN, Universita Hamburg, Ebenhausen, Ingolstadt**

**Postup** – fluidní jednotka, nepřímý ohřev, 600 °C – 900 °C, **druh odpadu** – odpadní plasty, **produkty** – pyrolýzní olej, plyn, saze, **kapacita** – 20 kg/h – 60 kg/h, 0,5 t/h. Mitsui Plastic Waste Thermal Cracking Process (MWC process) proces vznikl spoluprací MPI s Mitsui Eneenering a Shipbuilding. Prototyp zařízení byl uveden do provozu v roce 1971 v Chiba u Tokia. Kapacita byla 36 t/den. Zpracovávaným materiálem byly odpadní plasty, polypropylen, nízkomolekulární polyetylen, ataktický polypropylen. Depolymerce plastů probíhala v roztavené formě za teploty 400 °C – 500 °C. Dochází ke kondenzaci výševroucích uhlovodíků v kondenzátoru, ty se posléze vrací zpět do reaktoru. Níževroucí uhlovodíky kondenzují v druhém kondenzátoru, ty byly shromážděny a představovaly náhradu za topný olej. Následovalo spalování nekondenzujících plynů. Voskovité zbytky, vzniklé při pyrolýze byly použity k ohřevu reaktoru. Z pyrolýzy nízkomolekulárního polyetyleny byl získán 85 % oleje, 10 % voskovitého zbytku, 5 % plynu [39].

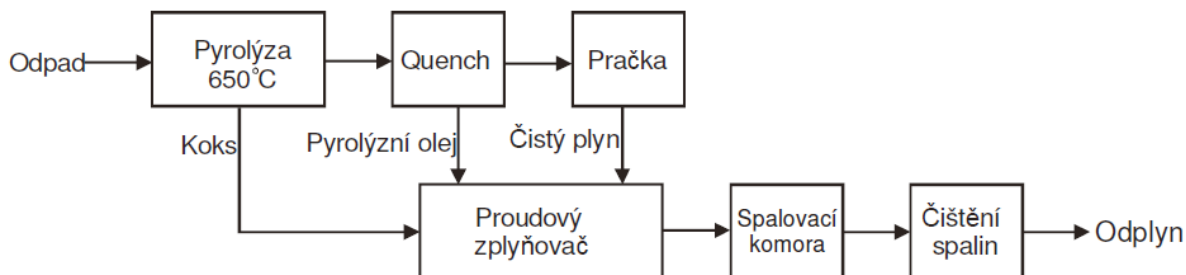
### **VEW – Energie – SRN, Hamm – Uentrop**

**Postup** – rotační buben, **druh odpadu** – výhřevné frakce, **produkty** – plyn, koks, energie, **kapacita** – 100 kt/rok. Proces v tomto případě integrovaný do struktury elektrárny má několik výhod. Využívá se již existující struktury elektrárny, slouží jako náhrada za fosilní paliva, vyrábí se proud s vyšší účinností, využívají se neželezné a železné kovy, zpracovává se škála odpadů, vyrábí se pyrolýzní koks a pyrolýzní plyn. Jako součást elektrárny bylo pyrolýzní zařízení instalováno v roce 1998. Od roku 2000 se pyrolýzou zpracovává 100 kt výhřevných frakcí ročně. Spotřebou vzniklého plynu a koksu nahradí elektrárna přibližně 10 % uhlí. Postup zpracování odpadů začíná mechanickou úpravou, pokračuje vnějším ohřevem rotačního reaktoru, zpracováváním pevných zbytků, pokračuje k úpravě pyrolýzního plynu. Tento postup má odlišnosti od klasických postupů. Na konci rotačního bubnu je síto, které dělí pevný zbytek na dvě frakce. Jemnější frakce obsahuje 20 % - 30 % uhlíku, hrubší frakcí jsou kovy a hrubé části. Pyrolýzní plyn spalovaný s uhlím se vede rovnou do spodní části spalovacího prostoru. Dále se společně s uhlím mele a spaluje jemný koks z jemné frakce. Vlastní jednotka energetického využití odpadu se skládá ze spalovací jednotky, kotle, čištění spalin a komínu. Výhodou tohoto provozu proti klasickým spalovnám jsou pořizovací nižší náklady z důvodu propojení procesu s elektrárnou, vyšší termická účinnost. Produkty pyrolýzy mají energetický obsah v 1 tun výhřevné frakce přecházející na elektrárnu 0,6 tun černého uhlí. Jestliže je energetická účinnost elektrárny zaměřená na spalování černého uhlí (přibližně 40 %), vyrobí se z pyrolýzních produktů 1800 kWh elektrického proudu. Účinnost je po odečtení vlastní spotřeby pyrolýzy 38 % [39].

### **Noell proces – SRN, Salzgitter**

**Postup** – rotační buben, nepřímý ohřev, 650 °C – 700 °C, **druh odpadu** – SKO, **produkty** – pyrolýzní olej, plyn, koks, energie, **kapacita** – 6 t/h. Odpad pro pyrolýzu se rozdrtí a vysuší. Pyrolýza (viz. Obr. 4) probíhá v rotační peci o teplotě 500 °C – 700 °C. Následně dochází k chlazení vzniklého plynu, v alkalické pračce se z plynu odstraňují kyselé složky HCL, HCN, H<sub>2</sub>S a je uložen v plynojemu. Pyrolýzní olej se uskládňuje v zásobníku. Pyrolýzní koks, pyrolýzní olej a pyrolýzní plyn jsou vedeny do proudového zplynovače, kde za přidání kyslíku při teplotě 1 300 °C – 1 500 °C a při tlaku 35 bar

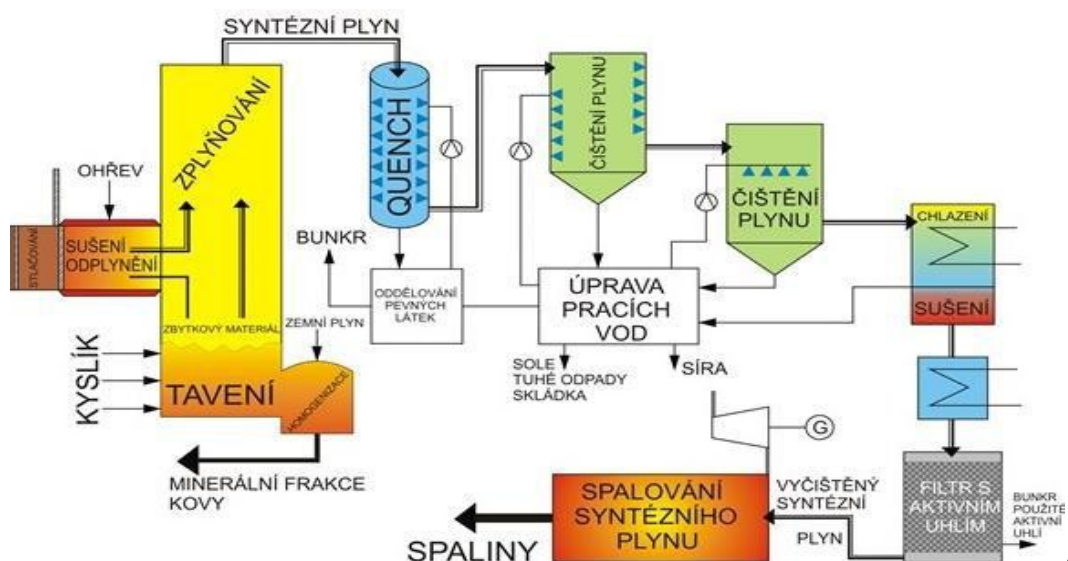
dochází k reakci na syntézní plyn, což je směs  $\text{CO} + \text{H}_2$ . Tento plyn se může využít energeticky nebo v chemickém průmyslu [39].



Obr.4 - Schéma technologie Noell – roces (zdroj: [39])

### Thermoselect – Itálie, Verbanie

**Postup** – rotační buben, **druh odpadu** – SKO, **produkty** – energie, **kapacita** – 720 t/den. Tuto jednotku postavila společnost Thermoselect v městě Karlsruhe. Jednotka (viz. Obr. 5) zpracovává tuhý komunální odpad o kapacitě 720 t.den<sup>-1</sup>. Nejprve dochází ke komprimaci vstupujícího odpadu lisováním. Pyrolýzní reaktor je tvořen vně ohříváním rotačním válcem, kde dochází k ohřevu odpadů a k jejich pyrolýze. Následuje za kontrolovaného přídavku kyslíku zplynění při teplotě až 2 000 °C. Výsledný vícestupňově vyčištěný syntézní plyn je převážně směsí  $\text{CO} + \text{H}_2$  je používán k výrobě elektrické energie prostřednictvím parní turbíny a část se používá k ohřevu pyrolýzní pece. Roztavená struska se z reaktoru odvádí přes vodní lázeň [13] [14] [39].



Obr. 5 - Schéma technologie Thermoselect (zdroj: [16])

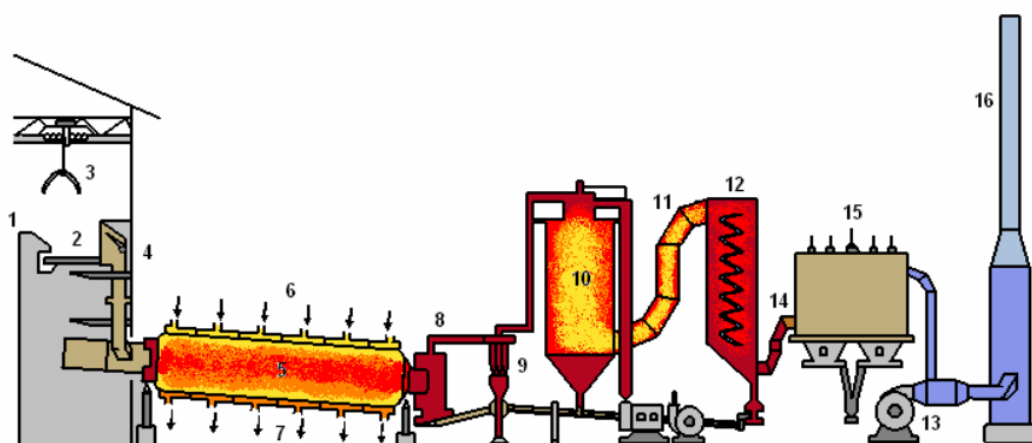
### **DRP – Deutsche Reifen Pyrolyse**

V Ebenhausenu realizovala firma **DRP** zařízení na pyrolýzu starých pneumatik a plastových odpadů o kapacitě 1 t/h. Pracovní teplota pyrolýzy ve dvou fluidních pecích byla 700 °C – 800 °C. Pec byla schopna vzhledem ke své konstrukci zpracovávat drcené pneumatiky do průměru 700 mm. Cílovými produkty pyrolýzy bylo materiálové využití odpadů k výrobě plynu, uhlovodíků schopných rafinace a využitelný koks. Linky byly zprovozněny v roce 1984. Testy byly prováděny na jedné lince v dvoutýdenních úsecích, později v třítydenních. Vstupní materiály byly tvořeny z 80 % - 90 % starými pneumatikami, polyetylenem, gumovými odpady a dalším podobným odpadem. Pec byla ohřívána vyrobeným plynem prostřednictvím systému hořáků. Při provozu obou pecí a vsázce 200 kg/h vstupního materiálu do každé pece byl systém energeticky soběstačný. Od listopadu 1984 se během 700 hod. provozu zpracovalo 170 tun odpadů. Pyrolýzní olej byl odprodán sousední rafinerii. Později byla snaha o zpracovávání frakce plastových odpadů z KO. Muselo být přidáváno vápno, aby byl eliminován vznik Cl. Vzniklý  $\text{CaCl}_2$  se při vysoké pyrolýzní teplotě taval, docházelo k zalepování fluidní vrstvy. Další kontinuální provoz nebyl z tohoto důvodu možný, zařízení bylo odstaveno, příčinu odstavení přinesly také důvody ekonomické [39].

### **BKMI postup (Babcock) – SRN, Burgau, Gunzburg**

**Postup** – rotační buben, nepřímý ohřev, 400 °C – 500 °C, **druh odpadu** – SKO, **produkty** – energie, **kapacita** – 6 t/h. Tato technologie je určena ke zpracování tuhého komunálního odpadu, čistírenských kalů a dalších podobných druhů odpadů. V roce 1984 bylo zprovozněno zařízení na pyrolýzu SKO. V provozu jsou 3 komerční jednotky a 1 zkušební jednotka (viz. Obr. 6). Technologie byla navržena v Bavorsku. Pyrolýza probíhá ve válcovém nepřímě otápěném reaktoru. Pyrolýza probíhá při teplotě od 400 °C do 600 °C, takto relativně nízká teplota je z důvodu snahy o zabránění přechodu těžkých kovů do plynné fáze, netýká se rtuti. Také se chtělo zabránit ve spolupráci s nedostatkem kyslíku vzniku polycyklických aromatů. Ve spalovací komoře hoří materiál při teplotách okolo 1200 °C. Spalinami ze spalného pyrolýzního plynu dochází k ohřevu reaktoru a přebytečné teplo je využito v ohřevu pyrolýzní pece nebo pro výrobu páry. K čištění spalin dochází suchou vápencovou metodou, vápno je přidáváno částečně přímo do odpadu a částečně do proudu spalin ještě před tkaninovým filtrem. Tato metoda je kombinace pyrolýzy a

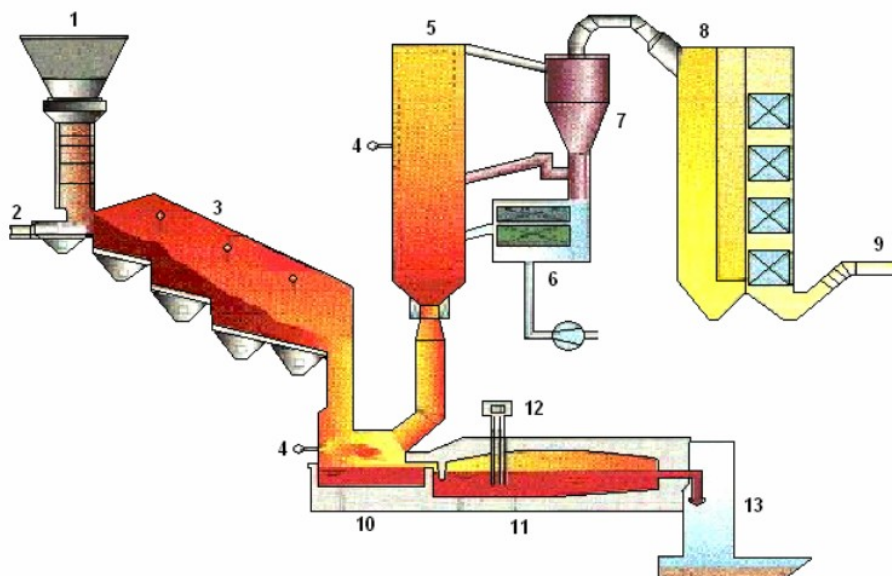
řízeného spalování surového neupraveného plynu, část plynu byla použita k ohřevu pyrolýzního bubnu a část k výrobě energie. Pevné produkty pyrolýzy spadávají do vodního uzávěru a jsou dále zpracovávány. V průběhu provozu se vyskytla řada problémů. Problém byl např. provoz pyrolýzního rektoru tvořeného bubnem pracujícím v přetlaku. To mělo souvislost s problémy s těsností zařízení a s regulací systému dávkování. Všechny se však podařilo vyřešit a koncept se těší již více než 20 letům trvalého provozu [12] [14] [15] [39].



Obr. 6 - Schéma pyrolýzní jednotky Babcock (zdroj:[15]): 1 – svoz odpadu do bunkru, 2 – násypka, 3 – drapák suroviny, 4 – vstup vápna, 5 – rotační pyrolýzní pec, 6 – vstup otopových spalin, 7 – odtah otopových spalin, 8 – vynášecí komora, 9 – cyklon, 10 – spalovací komora, 11 – vstup spalin do kotle, 12 – kotel na odpadní teplo, 13 – spalinový ventilátor, 14 – sekundární vstup vápna, 15 – tkaninový filtr, 16 – komín

### Proces RCP – SRN

Jednotka rychlé pyrolýzy (viz. Obr. 7) na zpracování tuhého komunálního odpadu byla postavena v Bremerhavenu. Je určena pro využití tuhého komunálního odpadu. Délka doby zdržení odpadu v peci je regulována roštem typu Von Roll, je závislá na složení odpadu. Materiál se pohybuje od pyrolýzní komory za průběhu kontrolovaného odplynění odpadu. Následuje tavící pec, probíhá spalování plynu a tavení strusky. Při teplotách okolo 1 400 °C přechází anorganické podíly na strusku, jež je dále upravována v granulační lázni a je použita jako přísada portlandských cementů. Chlazení spalin probíhá pomocí písku ve fluidní komoře na 1 000 °C, posléze jsou odlučovačem zbaveny prachu, odsířeny suchou vápencovou metodou, dále jsou denitifikovány selektivní katalytickou redukcí a v kyselých pračkách jsou zbaveny kovů. PCDD a PCDR podle podkladů výrobce nevznikají z důvodu vysoké teploty v tavící peci [12] [14].



Obr. 7 - Schéma jednotky RCP (zdroj: [15]): 1 – násyp odpadu, 2 – podavač, 3 – pyrolýzní komora, 4 – přívod kyslíku, 5 – fluidní dopalovací reaktor, 6 – chladič, 7 – cyklon, 8 – kotel na odpadní teplo, 9 – výstup spalin k čištění, 10 – tavicí pec, 11 – odtah kovů, 12 – zušlechťení strusky, 13 – granulační lázeň

### **Destrugas – Postup von Kroyer – Dánsko, Kalundborg**

**Postup** – šachtový reaktor, **druh odpadu** – SKO, **produkty** – plyn, **kapacita** – 250 kg/h. Pilotní zařízení bylo instalováno v roce 1971. Reaktor byl šachtového typu. Odpad byl nejprve rozdrcen, výtahem byl posléze dodáván do reaktoru. Šachtovou pec tvořila pravoúhlá roura eliptického průřezu, keramicky vyložená. Doba zdržení materiálu v reaktoru byla 24 hod. Teplota ve spodní části reaktoru dosahovala 900 °C. Reaktor byl otevřený na horním konci a proti atmosféře jej uzavíral násyp materiálu. Vyprodukovaný plyn se odebíral k ohřevu reaktoru a spalován z vnějšku, před ohřevem byl čištěn v protiproudé pračce [39].

#### **3.2.2 Asie**

##### **Technologie Thermoselect**

V Japonsku je těchto jednotek 6. Probíhá testování za použití produkovaného plynu v palivových článcích [13] [14].

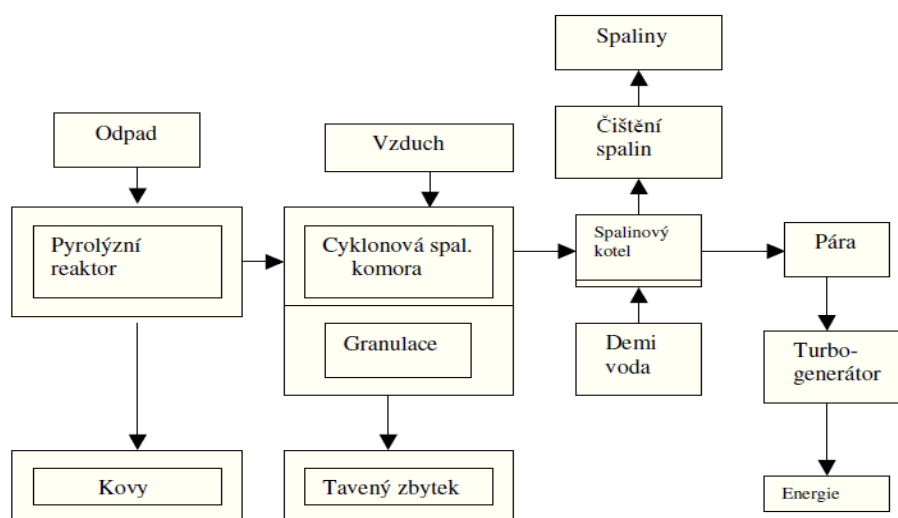
### **Kobe Steel – Japonsko, Kobe, Akroh**

**postup** - rotační buben, nepřímý ohřev, 500 °C – 700 °C, **druh odpadu** – staré pneumatiky, **produkty** – olej, plyn, energie, **kapacita** – 1 t/h. Tento styl byl jedním z prvních, které využívaly otočné vypalovací pece k pyrolýze již opotřebovaných pneumatik. Po dobu probíhání projektu byl spojen s výrobou cementu. Místo topného oleje byly používány pyrolýzní produkty. Metoda byla vyvinuta v roce 1998 v oblasti Aomori. Experimentální provoz trval 7 měsíců. Pneumatiky se nejprve rozdrtily na frakci o velikost 30 mm, po rozdrčení byly přesunuty šnekovým zařízením do ohříváného otočného bubnu, který byl předem profouknut dusíkem. Maximální termické zařízení bylo stanoveno na hranici 800 °C. Doba zdržení byla nastavena na 20 minut. Do bubnu byl dodatečně zabudován seškrabovací systém, aby již nedocházelo k napékání a nevznikalo velké množství sazí. Následně byly pevné reakční produkty transportovány ochlazovaným šnekem do výklopného přepadu, při přepadu do zásobníku byly již ochlazené na teplotu 50 °C. Pyrolýzní plyn se ochlazoval na 80 °C těžkým produkovaným olejem. Kromě vroucího uhlovodíku byly oddělovány i částičky sazí. Quencholej rozsazený od sazí a nečistot byl opět použit k chlazení produkovaného plynu. Kal obsahoval 70 % oleje a 30 % sazí. Reaktor byl ohříván níževroucími uhlovodíky, které kondenzovaly ve vodou chlazeném výměníku tepla. Sirné sloučeniny se zachytávaly z plynu obsahujícím sirovodík v louhové pračce. Po zkušenostech z pokusného zařízení bylo postaveno prototypové zařízení ve městě Akroh, probíhala zde pyrolýza pneumatik. V porovnání s pokusnou jednotkou nedocházelo k změnám na zařízení. Hlavním cílovým produktem byl koks vysoké kvality. Po několika letech firma Kobe Steel odstavila zařízení z provozu např. z ekonomických důvodů a také z důvodu nedostatečné adsorpční schopnosti pyrolýzního koksu, který nedosahoval vlastností aktivního koksu [29] [39].

### **Ebara – Japonsko, Yokohama, Aomori**

**Postup** – dvě fluidní jednotky, jedna oxidační, **druh odpadu** – SKO, odpadní plasty, odpadní kovy, **produkty** – energie, **kapacita** – 4 t/h, 135 kt/rok, 125 kt/rok. Tento Japonský proces pyrolýzy odpadů (viz. Obr. 8) je nejpoužívanějším postupem pro průmyslové využití. Proces je založen na dvou starších, ale v dobře funkčních technologiích a to na fluidní vrstvě s vnitřní cirkulací (v Evropě označována jako Rowitec) a na tavení popílku (Meltex). Hrubě rozdrčený odpad je dopraven do pískového fluidního

lože, kde probíhá za teploty 500 °C – 600 °C pyrolýza. Těžké zbytky propadávají dolů a jsou odváděny společně s materiálem pocházejícím z fluidního lože, v tomto případě je to písek. Písek se vrací po oddělení kamenů a kovů zpět do fluidního lože. Díky nízké teplotě, při které nedochází k roztavení hliníku, je možné získat šetrným způsobem kovy s vysokým výtěžkem. Nýzkovýhřevný plyn je po příchodu do cyklonové spalovací komory společně se zachyceným popílkem částicemi koksu po průchodu výstupní zónou reaktoru za vysokých teplot spálen. Odstředivá síla cyklonu zachytí roztavený popílek na vnějších stěnách, ten padá v podobě tekuté strusky přes spodní část reaktoru do vodního uzávěru, kde se ochlazuje a vitrifikuje. Horké spaliny vstupují do spalovacího kotel ze spalovací komory. Vzniklá pára se užívá k výrobě energie. Ochlazené spaliny se před vypuštěním do atmosféry čistí. V roce 2008 pracovalo šest zařízení, ve kterých bylo 16 linek na KO, tři další zařízení s čtyřmi linkami zpracovávalo různé druhy odpadů, jedno z těchto zařízení se specializovalo na výrobu tavené mědi. První zařízení funguje již od roku 2000, používá se k zpracovávání téměř každého druhu odpadu na trhu [39].



Obr. 8 - schéma procesu Ebara (zdroj: [39])

### PAK – proces

V tomto procesu se pyrolýzní plyny vystavují krakovacímu procesu, nespalují se přímo. Zařízení bylo vybudováno v Japonsku v městě Kawasaki, v Bádensku v městě Aalen, v Sasku v městě Freiberg. Bylo určeno ke zpracovávání SKO. Bylo provozováno, v roce 2002 byl však provoz z důvodu insolvence provozovatele ukončen a zařízení bylo demontováno. Ve Freibergu bylo zařízení přizpůsobené pro pyrolýzu průmyslových



odpadů, změnilo však pro insolvenční provozovatele, firma Pyral AG jako nový majitel zařízení přebudoval a v nynější době zpracovává hliníkový odpad při jiné koncepci technologie. V Kawasaki bylo původně provozované zařízení dle postupu PAK, krakovaný plyn byl určen k výrobě el. energie v plynovém motoru. V roce 2007 došlo však k odstavení z ekonomicko provozních důvodů. Firma PAK se v roce 2002 dostala do insolvence [39].

### **Rotační pyrolýzní pec**

Jednotka byla navržena na univerzitě Zhejiang. Tato pec je vhodná pro pevné odpady o široké variabilitě velikostí a tvarů a výhřevnosti, kam patří např. pneumatiky. Rychlost této pece je nastavitelná, otáčky se pohybují od 0,5 do 10 otáček za minutu, tlak v peci je vyšších hodnot než tlak atmosférický. Proces může být nepřetržitý, ale také postupný po dávkách [6] [18].

### **Technologie BTA Malajsie a Nizozemí**

Princip je založen na promíchávání biomasy a horkého písku v rotujícím kuželovém reaktoru k tomu přizpůsobeném. Díky promíchávání není nutné profukovat materiál inertním plynem. Nedochází k naředění plynů, které vznikají v reaktoru. Společnost BTG Biomass Technology Group se zabývá vývojem pyrolýzní technologie již od počátku 90. let. V dnešní době vlastní dvě pilotní zařízení rychlé pyrolýzy. Obě tato zařízení jsou umístěna v laboratoři BTG v Nizozemí. Pilotní jednotka má kapacitu až 200 kg biomasy za hodinu, v provozu je od roku 1997, vyprodukovala přes 50 t pyrolýzního oleje. Malá testovací jednotka má kapacitu 2 – 5 kg biomasy za hodinu, v provozu je od roku 2005. Obsahuje všechny základní části pyrolýzní stanice (reaktor, kondenzátor, spalování dřevěného uhlí). První komerční jednotka o kapacitě 2 tuny biomasy za hodinu je od roku 2004 v Malajsii. Zpracovává zbytky z výroby palmového oleje [28].

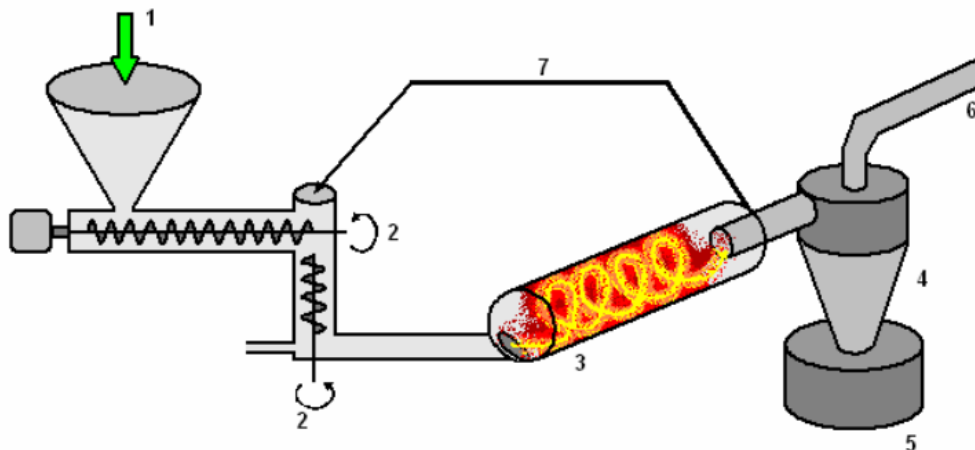
### **Mitsubishi – Japonsko, Tokio**

**Postup** – tavící kotel, nepřímý ohřev 500 °C, **druh odpadu** – odpadní plasty, **produkty** – olej, plyn, **Kapacita** – 0,1 t/h. Probíhající proces postupuje tavící nádobou, rotační pecí a fluidním pískovým ložem. Je to možnost zpětného získání monomerů z určitých polymerů např. polymetymetakrylátu nebo polystyrénu [39].

### 3.2.3 Amerika

#### Technologie Vortex-SERI (Solar Energy Research Institute) – U S A

Tuto technologii postavila společnost SERI (Solar Energy Research Institute) (viz. Obr. 9) v Coloradu, slouží ke konverzi tuhých organických látek a biomasy na kapalné produkty. Vysušené pelety z měkkého dřeva se vpravují do vyhřívaného reaktoru při teplotě 650 °C prostřednictvím šnekového podavače a rychle postupují do další části. Postup je však postupně zpomalován intenzivním třením materiálu o stěny, pyrolýzní plyn odchází středem prostoru. Tato technologie však zůstala zatím pouze v testovací fázi, provozní jednotka podle tohoto zařízení nebyla zatím sestavena. Důvodem bylo zanášení reaktoru částicemi, které měly vysokou hustotu a kvůli abrazi [14].



Obr. 9 - Schéma pyrolýzní jednotky Vortex – SERI (zdroj: [14]): 1 – vstup suroviny, 2 – šnekový podavač, 3 – reaktor s tangenciálním vstupem, 4 – cyklon, 5 – kolektor tuhého zbytku, 6 – odtah pyroplynu, 7 – recykl prachových částic

#### MVU – USA, CA, Moreno Valley

**Postup** – rotační buben, **druh odpadu** – odpadní plasty, pneumatiky, kabely, **produkty** – plyn, olej, **kapacita** – 200 kg/h. MVU – ROTOPYR byl proces, jehož cílem byla snaha o vývoj technologie, která by vyráběla žádané produkty pro trh. MVU spolupracovala s Eixen – Metall a s Rutgerswerke, jenž je největším producentem dehtu v Německu. Jako vstupní materiál se při testování použily pneumatiky, staré kabely, drcené odpadky, kyselinové pryskyřice z regenerace olejů a zbytky s obsahem plastů. Typické je pro tyto odpady vysoký podíl organické části. Pro proces byl zvolen vně

ohříváný rotační buben. Následovaly stupně k dělení produktů pyrolýzy. Pokusná jednotka měla kapacitu přibližně 200 kg/h. Odpady dávkoval do pyrolýzního bubnu dávkovací šnek. Pevné produkty vypadávaly do vodního uzávěru na konci bubnu. Pevný plyn byl po výstupu odveden do rotační pračky, kde se chladil na přibližně 50 °C, kde došlo k poklesu výše vroucích uhlovodíků a sazí ke dnu pračky. Pyrolýzní plyn se následně ochladil ve výměníku tepla na atmosférickou teplotu, docházelo ke kondenzaci dalších uhlovodíků, které měly obsah BTX – frakcí a lehce vroucích frakcí 30 % - 40 %. Kyselé plyny se následně odstranily ze surového plynu (HCN, H<sub>2</sub>S, HCL) alkalickou a vodní pračkou. V dalším kroku byl propírán plyn pyrolýzním olejem, zachytával se benzen a jeho homology. Vyčištěný pyrolýzní plyn se použil k ohřevu rotačního bubnu. V dekantéru se oddělovala směs oleje a vody z výměníku. Olej byl odváděn do destilace. Tvořila se lehká, střední a těžká olejová frakce, střední se používala jako prací olej, ostatní byly produkty. Teplota procesu nad 650 °C se ukázala jako dostačující, úplná karbonizace proběhla při zdržení o délce 45 min. Energetická bilance dosahovala více než 80 % přeměny. Výsledné hodnoty byly závislé na složení vstupního materiálu. Např. při pyrolýze pneumatiky byl obsah uhlíku v koksu nejvyšší, byl více než 80 % na rozdíl od ostatních materiálů, kdy byl 50 % - 60 %. K realizaci v průmyslovém měřítku nedošlo, ukázalo se, že produkty vycházející z procesu pyrolýzy by nebyly materiálově použitelné [39].

## **4.0 Hlavní okruhy problémů v rámci realizace a posuzování vlivů pyrolýzních jednotek pro energetické využití odpadů na životní prostředí**

Pyrolýzní jednotka je zařízení, které má nepopíratelné účinky na životní prostředí. Vliv těchto účinků na životní prostředí je v České republice hodnocen především dle „*zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí (EIA), ve znění pozdějších předpisů*“ [24]. Než nastoupil v platnost tento zákon, byly záměry podobného ražení posuzovány „*zákonem č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a ve znění pozdějších předpisů*“ [45]. Označení EIA (Environmental Impact Assessment) pochází z USA, je odvozeno ze zákona o národní politice z oblasti životního prostředí. Posouzení je založeno na otevřenosti procesu, kdy dochází k zohlednění vyjádření více stran k plánovanému záměru. Před realizací projektu je tedy potřebné vyjádření od orgánů státní správy a samosprávy, expertů dané oblasti, odborné instituce, nevládních organizací, veřejnosti. Posuzování vlivů na životní prostředí slouží posléze jako podklad při rozhodování o povolení záměru [20] [22] [23].

Posuzování má široké zaměření, posuzují se vlivy na zdraví obyvatel, vlivy na životní prostředí a v něm zahrnuté živočichy a rostliny. Vlivy na horninové prostředí, vodu, půdu, klima, ovzduší a krajinu. Dále na přírodní zdroje, kulturní památky, hmotný majetek a na vzájemné působení a souvislosti těchto vlivů [24].

Hodnocení spaloven odpadů je jednou z nejčastějších činností při posuzování staveb v odpadovém hospodářství. Pro posuzování je důležité zmapovat skutečné hodnoty znečišťujících látek v ovzduší, v půdě a ve vodách v okolí uvažované spalovny. Je také potřeba určit způsob nakládání s opadem, který zůstane po zakončení procesu. Vhodnost způsobu využívání odpadů je posuzována podle schopnosti ochraňovat lidské zdraví a šetrnosti k životnímu prostředí [22].

### **4.1 EVO**

V Evropě se odpad spaluje již 140 let. Původním hlavním cílem bylo hygienické odstranění odpadů, pozvolna začal být však využíván jako zdroj energie. Při EVO

energetickém využívání odpadů se získává teplo a elektřina, souběžně dochází ke snižování množství vypouštění skleníkových plynů. **Výhody** EVO jsou:

- 1 - Odpad je možná náhrada neobnovitelných zdrojů.
- 2 - České republice hrozily sankce, pokud nesníží množství skládkovaných biologicky rozložitelných odpadů do roku 2013, do budoucna tento trend snižování množství pokračuje.
- 3 - Za vyspělými evropskými státy v EVO Česká republika zaostává.
- 4 – V době krize odbytu surovin je EVO ideální řešení pro odpady, jenž není možné momentálně upravit.
- 5 – V případě přírodních katastrof je EVO jedna z možností okamžitých řešení odstranění odpadů [36].

I když jsou tendence vzniku odpadů v České republice klesající, stále vzniká 31 mil. t odpadů ročně. Z toho jsou 4,4 mil. t komunálního odpadu, toto množství však vůči ostatním typům odpadů mírně stoupá. V současné době je v ČR odpad označován jako energetická surovina [44].

Komunální odpady (KO) představují téměř 15 % všech odpadů vyprodukovaných v České republice. Jsou velmi různorodé, zahrnují veškeré odpady z domácností, z měst a obcí, živnostenské odpady a objemné odpady. Do roku 2010 se skládalo asi 78 %, 14 % se materiálově využívalo, k energetickému využití se používalo 8 %. Podle plánu odpadového hospodářství se do roku 2010 muselo materiálově využívat 50 % KO. Tento plán se nestihl splnit. I přes to je Česká republika na předním místě v třídění některých obalových materiálů z evropských států. Podle odhadů bude v roce 2020 produkováno 2,7 mil. směsného KO, to je množství odpadů zbylé po vytrídění materiálově využitelných složek a bioodpadu. Podle evropských normativů budeme muset z toho zhruba 2 mil. tun odpadu zpracovat jinak než skládkováním. V Evropě je pracujících více než 340 spaloven a dalších až 80 jsou v různých stádiích plánování a výstavby. V některých zemích jako např. Německo, Švýcarsko, Nizozemsko, Švédsko a Belgie se spaluje téměř veškerý zbývající odpad, který nebyl materiálově využit [19] [36].

EVO je nejčistší způsob získání energie z termicko oxidačních procesů. Mají nesrovnatelně nižší hodnoty v množství vypouštěných spalin ve srovnání s elektrárenskými procesy. Dochází k desetinásobnému snížení objemu, hmotnost odpadu klesne o 60 až 70 %. Díky inertním vlastnostem zbytkových materiálů se mohou zpracovat na použitelné

produkty nebo se mohou bezpečně ukládat do zemské kůry. V porovnání se skládkováním se zamezí vzniku emisí skleníkových plynů. Opady látkově nevyužitelné se využijí při energetickém zpracování, což sníží objemové nároky na skládkování. Emise do ovzduší a do vod jsou minimální a většina zbytkových látek se zpracují na použitelné produkty [19] [36].

V EU bylo v roce 2006 vyrobeno z 60 mil. t zbytkového (směsného) odpadu 58,5 mld. Kwh tepla, což bylo dostatečné množství pro zásobování 1,4 mil. domácností a 23,4 mld. Kwh elektřiny, která obsloužilo 7. mil. domácností. EVO není dle současných právních předpisů přesně definováno, ale v podstatě lze tuto činnost vymezit dle všeobecně definovaného a známého pojmu využití. Je podstatné, že se odpad využije k užitečnému účelu a nahradí jiné materiály, v některých případech fosilní paliva. Hovoří se o využívání obnovitelných energetických zdrojů, kam spadá energetické využití biomasy, skládkového plynu a bioplynu. Biomasa je cíleně pěstována a sklízena, nebo se používá jako zbytková biomasa, kam se řadí i biologicky rozložitelný odpad. Části tohoto odpadu pocházejí ze sféry komunální a jsou označeny jako biologicky rozložitelný komunální odpad [19] [36].

Energetické využití odpadů má veliký potenciál. Průměrná výhřevnost směsného komunálního odpadu je přibližně 10 MJ/kg. Ročně se spálí asi 360 tis. tun SKO, ročně se takto získá přibližně 3,6 mil. GJ energie. Podle současného vývoje se předpokládá, že v roce 2020 se bude využívat k EVO 2,0 mil. t SKO, bude získáno průměrně 20 mil. GJ energie za rok. Jednotlivé druhy technologií používané pro EVO:

- přímé spalování neupraveného komunálního odpadu probíhající ve spalovnách komunálních odpadů,
- spoluspalování upravených a vytríděných odpadů především z mechanicko-biologického pohledu úpravy odpadů v monozdrojích nebo v klasických energetických zdrojích,
- spalování alternativních paliv a dalších vybraných odpadů (např. pneumatiky v cementárnách),
- pyrolýza a zplyňování,
- anaerobní digesce s cílem výroby bioplynu,
- využívání skládkového plynu. [19] [36].

V naší zemi dochází v poslední době k rozvoji technologií pro EVO, postupně dochází k jejich zdokonalování s cílem vyšší výkonnosti a snížení vlivů na životní prostředí, které jsou již dnes na úrovni minimálního znečišťování [21].

## **4.2 Produkované škodlivé látky**

Dopady na životní prostředí z pyrolýzních procesů je potřeba rozdělit na znečištění, které plyne z podstaty jako znečištění a škodlivé, způsobeno vedením procesu. Znečištění vnitřní (imanentní) pocházející z prvků jenž jsou obsaženy v odpadech, patří mezi ně např. chlór, těžké kovy, síra. Znečištění vzniklé způsobem vedení procesu. Toto znečištění vzniká při spalování odpadů. Spektrum znečišťujících látek je určeno typem zařízení, procesem a podmínkami (doba tání, teplota) [31].

### **Odpadní vody z procesu pyrolýzy**

Do této vody se neřadí pouze odpadní vody z procesu pyrolýzy opouštějící reaktor ve formě páry, které přejdou do kondenzátu. Řadíme zde také vlhkost obsaženou v odpadech vznikající rozkladem vody a vody při spalování, která se spotřebovává při reakci tvorby vodního plynu. Tyto znečištěné vody obsahují zejména díky fenolům a olejům v odpadech organické látky. Také zde patří voda použita k čištění pyrolytických plnů a voda, která byla použita k odstranění tuhých zbytků, obsahuje rozpustné soli vápníku, sulfátů, chloridů a organických sloučenin). Voda celkově tvoří 0,4 – 0,2 mg/m<sup>3</sup> odpadu [32].

### **Pyrolýzní plyny**

Při průběhu pyrolýzy dochází k rozkladu organických sloučenin na jednoduché nízkomolekulární látky, jsou to např. oxid uhelnatý (CO), vodík (H<sub>2</sub>) nebo oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Mimo tyto základní složky vznikají také neoxidované sloučeniny vodíku, jako sirovodík (H<sub>2</sub>S), amoniak (NH<sub>3</sub>) a chlorovodík (HCL). Při pyrolýze za nízké teploty (500 °C) dochází ke vzniku významného množství alifatických a aromatických uhlovodíků v destilačním plynu. Po ochazení plynu tyto látky kondenzují v podobě dehtu, znečišťují vodu z filtrace plynu nebo kondenzát. Snížení množství organických polutantů se může docílit jejich rozkladem v průběhu pyrolýzy. Požadovaná teplota je 1 000 °C – 1 300 °C. Vysokomolekulární sloučeniny během tepelného rozkladu snižují pod vlivem kyslíku ze

vzduchu výhřevnost plynu. Těžké kovy pyrolýzních plynů v podobě depozice lehce těkavých kovů obsažených v popílku jsou závislé na teplotě. Za teploty 500 °C přechází pouze malé množství těžkých kovů do plynné fáze [31].

#### **4.3 Překážky pro rozvoj EVO**

V této kapitole se zabývám důvody, které komplikují a prodražují někdy i znemožňují realizaci zařízení pro energetické využívání odpadů v České republice.

##### **4.3.1 Ekonomické bariéry**

Zde jsou zahrnuty investice do rozvoje energetického využívání odpadů, patří zde vysoká cena do nového zařízení, investice do rozvoje stávajících provozů a do nových zařízení.

V současnosti je energetické využívání odpadů ekonomicky znevýhodněné levným skládkováním. Náklady na likvidaci odpadů jsou většinou faktorem, podle kterého se subjekt rozhodne, jak s daným odpadem dle platné legislativy naložit. Pro ekonomické fungování jednotky je také důležitý pravidelný přísun odpadu pro energetické využití [19].

Ze zkušeností s pyrolýzou např. z Japonska, kde je tento proces masivně využíván, je zřejmé, že jsou náklady vyšší než u jiných způsobů nakládání s odpady [39].

##### **4.3.2 Administrativní překážky ze strany státu**

Od roku 2003 až do roku 2010 nebylo možné na území České republiky postavit zařízení pro energetické využití odpadů z důvodu „*nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o plánu odpadového hospodářství ČR*“ [19] [46].

Koncem roku 2009 však MŽP odstranilo legislativní překážku bránící rozvoji této oblasti novelou nařízení vlády o POH ČR, vydanou pod č. 473/2009 Sb [19].

Zákon o odpadech stanovuje hierarchii nakládání s odpady. Při tvorbě Operačního programu ŽP nedošlo ke zohlednění požadavku na podporu energetického využívání komunálních odpadů a teprve změnou z novely, která umožnila podporovat zařízení na energetické využití komunálních odpadů. Do roku 2013 až 2015 bude obtížné realizovat v České republice takové projekty z důvodů investiční náročnosti a finanční podpory [19].



#### **4.3.3 Bariéry ze strany investora**

Pro úspěšnou realizaci projektu by měl investor do přípravy zahrnout také veřejné mínění. Měl by s dostatečným časovým předstihem zveřejnit zajištění dlouhodobě akceptovatelné řešení z ekonomického hlediska (dopady na vyšší plat,...), sociální (nová pracovní místa, ...), environmentální (dopady na zdraví a životní prostředí) [19].

**Záměr investora pro daný projekt není dlouhodobě připravován a není zahrnut v základních strategických dokumentech pro rozvoj daného území.**

Nejsou jasně definovány problémy území, důvod, způsob a cíle pro jejich řešení. Investor by se měl prezentovat tak, aby bylo zřetelné, že je schopen zajistit akceptovatelná řešení z dlouhodobého hlediska v oblasti ekonomické (např. výše plateb). Sociální (např. nové pracovní příležitosti) a environmentální (dopady na životní prostředí a zdraví) [19].

**Veřejnost není informována o záměru investora s dostatečným předstihem.**

Názor veřejnosti na investiční záměr je velmi ovlivněn informacemi, které jsou o daném záměru poskytnuty. Ideální by bylo, aby prvotní informace přinesl investor. Aby bylo jasné, jakou činnost plánuje, a jaké dopady bude mít. Ke kladnému názoru veřejnosti by přispěly např. porovnání nakládání s odpady v daném území. Data by měla být jasná a věrohodná. Jako další by měl zmínit opatření proti zamezení havárií. Měl by podpořit v obyvatelstvu názor, že je tento investiční záměr pro území ne jen bezpečný, ale také výhodný. Pro optimalizování řešení energetického využívání odpadů je zapotřebí podrobná analýza lokálních a regionálních podmínek [19].

Informace se však k veřejnosti dostávají prostřednictvím médií, ty se snaží o zajímavá témata, proto dochází k nepřesnému popisování celé problematiky. Může se stát, že u obyvatelstva vznikne negativní názor ohledně investice, i když pak investor poskytuje podložená fakta, mohou se občané cítit oklamáni [19].

**Podrobná komunikační strategie není zpracována v předstihu**

Strategie bychom měli zacílit na ovlivnění veřejného mínění cílové skupiny k připravovanému záměru. Zahrnuty by měly být definice nezbytných benefitů akceptace (kompenzační opatření) a vyhodnocování účinnosti strategie. Analýza zájmů investorem před přípravou investice není v českých podmínkách obvykle prováděna. Potřebujeme-li

ovlivnit cílovou skupinu obyvatel rozhodující akceptaci investičního záměru, je potřeba s ní navázat vztah. Přesvědčování o výhodnosti umístění zařízení musí být věrohodné a probíhat dlouhodobě. Důležitými šířiteli pozitivních zpráv o záměru investora jsou zejména vlastní zaměstnanci [19].

### **Skutečné bariéry a překážky nejsou předem definovány**

Investor si předem nezjistil negativní postoje k zamýšlené investici u jednotlivých zájmových skupin. Investor může tyto důvody k negativním postojům odstraňovat kompenzací. Pohnutky mohou mít různý charakter, můžeme se setkat např. s obavou ohledně zhoršení kvality vzduchu, kontaminací půdy, zdravotních dopadů. Je třeba si uvědomit, že obyvatelé obvykle přihlížejí k názorům určitých lidí, prostřednictvím jejichž názoru může investor ovlivnit názor ostatních obyvatel. Jsou to většinou starostové, úspěšní podnikatelé, místní morální autority, a další. Proto je důležité hledat pro úspěšnou realizaci záměru tyto silné podpory a podporu politickou [19].

### **Profesionální vedení procesů projednávání**

Pro projednávání je vhodné využít nezávislého facilitátora, a to nejlépe po celý proces příprav pro investici, ale především pro veřejná jednání. Tato osoba musí být odborník, který dokáže profesionálně vést jednání, korigovat afektovaně vystupující aktéry a také dokáže snížit emocionálně vypjatou atmosféru. Má plnou zodpovědnost za průběh jednání, musí být perfektně připraven a jednání efektivně vést. Stará se o transparentnost vůči všem účastníkům a o zakončení s určitým byt' i někdy dílčím závěrem [19].

#### **4.3.4 Ochrana ovzduší**

Legislativa řešící tuto problematiku [19].

*„Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů“* [47]. Pyrolýzní technologie jsou podle zákonů České republiky řazeny mezi spalovny. Tyto zařízení pro energetické využití odpadů se dělí podle tepelného příkonu a podle druhu odpadů použitých při spalování [19].

*„Nařízením vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu“* [48], ve znění *„nařízení vlády č. 206/2006 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro*

*spalování odpadu*“ [49]. Jsou stanoveny přísné emisní limity, přísnější než na elektrárny a teplárny [19].

„*Směrnice 2000/76/ES o spalování odpadu* [61]“ je dalším podkladem pro řešení této problematiky. Tato směrnice řeší emisní limity pro zařízení energetického využití odpadů, kam spadají spalovny odpadů a další zvláště velké nebo stacionární velké zdroje, ve kterých dochází ke spalování. Díky tomu došlo ke snížení emisí prachu, dioxinů a těžkých kovů na nižší úroveň. To vedlo také k vývoji technologií používaných pro spalování [19].

„*Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci)*“ [59]. Tento zákon řeší emise, které jsou dle tohoto zákona přímo nebo nepřímo vypouštěné látky, šířené vibrace, vyzařovaný hluk, teplo nebo jiné formy neionizujícího záření do životního prostředí ze zařízení. Zařízení ke spalování komunálního odpadu nemající rozlišení, zda se jedná o zařízení určené k odstraňování nebo využívání odpadů o kapacitě přes 3 t za hodinu, musí mít ze zákona o integrované prevenci pro provozování integrované povolení. Provoz všech spaloven odpadů nebo zvláště velkých nebo velkých zdrojů, ve kterých dochází ke spalování odpadu, musí mít povolení příslušného krajského úřadu. Kde je vyčten druh a množství ostatního a nebezpečného odpadu, s kterým je možno nakládat, odebrání vzorků odpadů a způsoby měření, kontroly látek znečišťující ovzduší a další [19].

#### **4.3.5 Nedůvěra a obavy veřejnosti**

Investoři v této oblasti se mohou setkat s názorem místních obyvatel, že výstavba zařízení pro energetické využití odpadu by byla určitě přínosem z mnoha pohledů, ale nechtějí ho ve svém okolí. Tento jev bývá označován jako NIMBY efekt.

Mezi nejběžnější nedůvěry a obavy ze strany obyvatel patří:

##### **Obavy z produkce škodlivých látek**

I přes použití nejmodernějších technologií dochází k částečnému úniku znečišťujících látek do ovzduší. To je logicky nejběžnější obava veřejnosti z provozu takových zařízení. Nejobávanější škodliviny jsou emise prachových částic (PM), celkového organického uhlíku (TOC) a dioxinů a furanů (PCDD/F). Díky malé

informovanosti obyvatelé většinou nevědí, že největšími zdroji těchto látek jsou lokální topeniště a automobilová doprava. V porovnání s jinými spalovacími zdroji mají spalovny emise mnohem nižší. To může být bráno jako přínos pro ovzduší. Dalším přínos můžeme vidět v tom, že se pro výrobu energie používá odpad, kdyby se nepoužil odpad, bylo by potřeba použít jiný materiál, např. hnědé uhlí [19].

### **Obavy z produkce skleníkových plynů**

Zde je opět možné využít přirovnání nakládání s odpady. Při skládkování i při energetickém využití odpadů vznikne z jedné molekuly jednoduchého cukru v odpadu šest molekul skleníkových plynů. Při spalování vznikne pouze  $\text{CO}_2$ , při skládkování vznikne polovina  $\text{CO}_2$  a polovina  $\text{CH}_4$ , metan je však 25 x horší skleníkový plyn než oxid uhličitý. Kdyby nedocházelo ke spalování odpadu při výrobě energie, musel by se spalovati jiný materiál, který by opět produkoval  $\text{CO}_2$ . Skládkovaný odpad se rozkládá a uvolňuje další skleníkové plyny [19].

### **Negativní postoj k umístění spalovny v regionu**

Umístění zařízení má velký význam pro efektivitu. Proto jsou zpravidla tato místa poblíž příslušných sídelních útvarů. Je žádoucí, aby se minimalizoval převoz odpadů a také možnost napojení na systémy centrálního vytápění městských aglomerací. V Evropě se běžně tato zařízení umísťují přímo uprostřed měst, např. ve Vídni, Paříži, Bernu a dalších [19].

### **Svážení odpadů do spalovny**

Svoz zatěžuje ovzduší, ale jelikož jsou spalovny většinou umísťovány uvnitř velkých sídelních celků, je množství vzniklých znečišťujících látek menší než při převozu na skládky odpadů. Ty jsou umístěny většinou ve větší vzdálenosti od center měst. Příhodné by bylo také používání vozidel na pohon (CNG), nebo použití železniční dopravy kvůli snížení dopadů na životní prostředí. Další možností, jak snížit zátěž na životní prostředí způsobenou přepravou je umístění zařízení pro energetické využití odpadů poblíž skládky odpadů v blízkosti největšího sídla na daném území. Zde je však potřeba vyřešit, jak využít vzniklé teplo [19].

### **Integrované systémy nakládání s odpady**

V celé Evropě je vybudována separační společnost, ale ne recyklační. Tzn., že dochází k poměrně úspěšnému třídění, jejich využití je ale rozdílné. Většina komodit se posílala do zahraničí, kde se zpracovával, např. do Číny a do dalších zemí jihovýchodní Asie. V době hospodářské krize však poptávka poklesla, tudíž se musela otázka použití odpadu vyřešit jinak. Zařízení pro energetické využití odpadů bylo jedním z několika řešení. V České republice v krajích, které se zabývají problematikou energetického využití odpadů, se řeší systém nakládání s odpady [19].

### **Otázka srovnatelnosti materiálového využití se spalováním odpadů**

Recyklace je v hierarchii způsobů nakládání s odpady před energetickým využitím a skládkováním. Zákon však připouští, že v některých případech může být částečně upuštěno od hierarchie. To v případě lepšího celkového výsledku z hlediska životního prostředí. Spalování odpadů je za určitých podmínek srovnatelné s materiálovým využitím, jelikož dochází k využití odpadu, který nahradí jiné nerostné suroviny. V České republice dojde ročně k uložení odpadů na skládky o ekvivalentu přibližně 2,5 milionů tun hnědého uhlí, což je zhruba spotřeba elektrárny Tušimice. V roce 2007 bylo v Evropě v 373 spalovnách ušetřeno díky spalování odpadů 7,4 bilionů litrů topného oleje nebo 30 milionů tun hnědého uhlí. Vyprodukované teplo by pokrylo celkovou potřebu Irska, Estonska a Rakouska [19].

## **5.0 Návrh části dokumentace pro posouzení vlivů konkrétního záměru pyrolýzní technologie na životní prostředí ve smyslu přílohy č. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů.**

Tato kapitola je zaměřena na posouzení vlivů záměru EVO Tušimice, podle platné legislativy byla vybrána v příloze č. 4 část B.

### **Přílohy k zákonu č. 100/2001 Sb.**

Příloha č. 1 - Kategorie I (záměry vždy podléhající posouzení), Kategorie II (záměry vyžadující zjišťovací řízení)

Příloha č. 2 – Zásady pro zjišťovací řízení

Příloha č. 3 – Náležitosti oznámení

Příloha č. 3a – oznámení podlimitního záměru

Příloha č. 4 – Náležitosti dokumentace

Příloha č. 5 – Náležitosti posudku

Příloha č. 6 – Náležitosti stanoviska

Příloha č. 7 – Náležitosti oznámení koncepce

Příloha č. 8 – Kritéria pro zjišťovací řízení

Příloha č. 9 – Náležitosti vyhodnocení koncepce z hlediska vlivů na životní prostředí a veřejné zdraví [24].

### **5.1 Příloha č. 4 – Náležitosti dokumentace**

#### **Část A – Údaje o oznamovateli**

1. Obchodní firma
2. IČO
3. Sídlo firmy (bydliště)
4. Jméno, příjmení, telefon a bydliště zástupce oznamovatele s oprávněním [24].

## **Část B – Údaje o záměru**

### **I. Základní údaje**

1. Název záměru a zařazení dle přílohy č. 1
2. Rozsah (kapacita) záměru
3. Umístění záměru (kraj, obec, katastrální území)
4. Možnost kumulace s jinými záměry a charakter záměru
5. Zdůvodnění potřeby záměru a jeho umístění, včetně přehledu zvažovaných variant a hlavních důvodů (i z hlediska životního prostředí) pro jejich odmítnutí, respektive výběr
6. Popis technologického a technického řešení záměru
7. Předpokládaný termín zahájení realizování a dokončení záměru
8. Seznam dotčených územně samosprávných celků
9. Seznam navazujících rozhodnutí dle § 10 odst. 4 a správních úřadů, jenž budou tato rozhodnutí vydávat [24].

### **II. Údaje o vstupech**

1. Půda (např. třída ochrany, druh, rozsah záboru)
2. Voda (např. spotřeba a zdroj vody)
3. Ostatní surovinové a energetické zdroje (např. zdroj, druh, spotřeba)
4. Náklady na dopravní a jinou infrastrukturu (např. potřeba staveb souvisejících) [24].

### **III. Údaje o výstupech**

1. Ovzduší (např. výčet zdrojů znečištění, množství a druh emitovaných škodlivin, účinnost a způsoby zachycování těchto látek)
2. Odpadní vody (např. výčet zdrojů odpadních vod, místo a množství vypouštění odpadních vod)
3. Odpady (například seznam zdrojů odpadů, množství a kategorizace odpadů, způsoby nakládání s nimi)
4. Ostatní (například vibrace, hluk, zápach, záření, další výstupy – přehled zdrojů, množství emisí a způsoby omezení těchto emisí)
5. Doplnující údaje (například zásah do krajiny a významné terénní úpravy) [24].

### **Část C – Údaje o stavu životního prostředí v dotčeném území**

1. Výčet nejznatelnějších environmentálních charakteristik dotčeného území (například zvláště chráněná území, územní systémy ekologické stability krajiny, významné krajinné prvky, přírodní parky, území s vysokým stupněm zalidnění, území neúnosně zatížená)
2. Charakteristika současného stavu životního prostředí v daném území (například klima a ovzduší, půda, voda, fauna a flóra, horninové prostředí, ekosystém, krajina, obyvatelstvo, kulturní památky)
3. Celkové vyhodnocení kvality životního prostředí v zájmovém území z hlediska jeho únosnosti [24].

### **Část D – Komplexní charakteristika a hodnocení vlivů záměru na veřejné zdraví a životní prostředí**

- I. Charakteristika předpokládaných vlivů záměru na obyvatelstvo a životní prostředí a hodnocení jejich významnosti a velikosti
  1. Vlivy na ovzduší a klima
  2. Vlivy na obyvatelstvo, včetně sociálně ekonomických vlivů
  3. Vlivy na povrchové a podzemní vody
  4. Vlivy na půdu
  5. Vlivy na hlukovou situaci respektive další fyzikální a biologické charakteristiky
  6. Vlivy na horninové prostředí a přírodní zdroje
  7. Vlivy na faunu, flóru a ekosystémy
  8. Vlivy na krajinu
  9. Vlivy na hmotný majetek a kulturní památky
- II. Komplexní charakteristika vlivů záměru na životní prostředí z hlediska jejich velikosti, možnosti příhraničních vlivů a významnosti
- III. Charakteristika environmentálních rizik při nestandardních stavech a při haváriích
- IV. Charakteristika opatření k prevenci, snížení, vyloučení, případně kompenzaci nepříznivých vlivů na životní prostředí
- V. Charakteristika užitých metod prognózování a výchozích předpokladů při hodnocení vlivů



- VI. Charakteristika nedostatků ve znalostech a neurčitostí, jenž se vyskytly při zpracování dokumentace [24].

### **Část E – Porovnání variant řešení záměru (v případě, že byly předloženy)**

Údaje dle částí B, C, D, F, G a H se uvádějí v přiměřeném rozsahu pro každou oznamovatelem doloženou variantu řešení záměru [24].

### **Část F – Závěr**

### **Část G – Všeobecně srozumitelné shrnutí netechnického charakteru**

### **Část H – Přílohy**

Vyjádření stavebního úřadu příslušného území k danému záměru z hlediska územně plánovací dokumentace (ke skutečnostem jiným a novým vzhledem k oznámení) a také například přílohy mapového, obrazového a grafického charakteru [24].

*Datum zpracování dokumentace:*

*Jméno, příjmení, bydliště a telefon zpracovatele dokumentace a osob, jenž se podílel na zpracování dokumentace:*

*Podpis zpracovatele dokumentace:*

*Stanovisko orgánu ochrany přírody, pokud je vyžadováno dle § 45i odst. 1 zákona č. 114/1993 Sb., ve znění zákona č. 218/2004 Sb. [24].*

## **5.2 Část B – Údaje o záměru**

### **5.2.1 Základní údaje**

#### **1. Název záměru a zařazení dle přílohy č. 1**

Dle přílohy č. 1 „zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 93/2004 Sb., zákon č. 163/2006 Sb., zákon č. 186/2006 Sb., zákon č. 216/2007 Sb., zákon č. 436/2009 Sb., zákon č. 38/2012 a zákon č. 85/2012 Sb.)“ [24], se řadí hodnocený záměr do kategorie II (to jsou záměry, u kterých je

vyžadováno zjišťovací řízení), do bodu 10.1 (Zařízení určené pro skladování, úpravě nebo využívání nebezpečných odpadů, zařízení k fyzikálně – chemické úpravě, energetickému využívání nebo odstraňování ostatních odpadů) [41].

Plánovaná realizace splňuje kritéria, které vyžadují provedení zjišťovacího řízení ve smyslu zákona č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Záměr svým umístěním spadá pod Krajský úřad Ústeckého kraje se sídlem v Ústí nad Labem [41].

## **2. Rozsah (kapacita) záměru**

Odhad roční kapacity zpracovaných, drcených pneumatik činí 20 500 tun. Provoz je plánován na 7 460 hodin ročně a to sice 23 hodin denně, 320 dní v roce. Objem vyrobeného plynu činí ročně 8 200 000 kubíků, průměrná výhřevnost je  $48 \text{ MJ/m}^3$ , čemuž odpovídá 26 500 MWh vyrobené elektrické energie. Tepelná energie bude použita pouze pro otop vlastních technologických objektů. Množství produkovaného pyrolýzního oleje je odhadnuto na 6 200 tun ročně. Záběr půdy se odhaduje na cca  $7\,215 \text{ m}^2$  [41].

## **3. Umístění záměru (kraj, obec, katastrální území)**

Jedná se o Ústecký kraj se sídlem v Ústí nad Labem, obec Tušimice, katastrální území je Tušimice (771 899) (viz. Obr. 10), na následujícím obrázku vidíme červenou šipkou označené místo plánovaného záměru [41].



Obr. 10 - Umístění polohy záměru (zdroj: [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz))

#### 4. Možnost kumulace s jinými záměry a charakter záměru

V sousedství záměru se nachází objekty, které by mohly být součinitelem kumulace, ale tento efekt se nepředpokládá a to z následujících důvodů. Co se týče kogeneračního zařízení na využití skládkového plynu, umístěného v sousedství lokality pro navrhovaný záměr, nepředpokládáme kumulaci v oblasti hlukové a imisní zátěže, jelikož je toto zařízení pracující v přetržitém provozu. Dále bereme v úvahu možnost kumulace s Elektrárnou Tušimice II s výkonem  $4 \times 200 \text{ MW}_e$ , ta je však ve značné vzdálenosti přibližně 1 200 m západně od záměru. Co se týče obytné zástavby, nejbližší se nachází 3,2 km jihozápadním směrem v obci Nová Víska u Rokle [41].

Záměr je energetické a materiálové využití pryže z pneumatik za použití metody termolytického rozkladu v uzavřeném zařízení, odpad řadíme pro účely tohoto zařízení do kategorie O. Jde o využití materiálu, který se běžně ukládá na skládku. Z plánovaného

procesu bude za tepelného rozkladu uzavřené technologii získáván pevný zbytek (vedlejší produkty – kovy a čistý uhlík) a kapalná a plynná složka [41].

##### **5. Zdůvodnění potřeby záměru a jeho umístění, včetně přehledu zvažovaných variant a hlavních důvodů (i z hlediska životního prostředí) pro jejich odmítnutí, respektive výběr**

V porovnání s jinými zeměmi v Evropě v roce 2010 má Česká republika poměrně nízkou produkci odpadu v přepočtu na jednoho obyvatele, která byla 3,2 tun a přibližně 300 kg směsného komunálního odpadu. Lze však očekávat pozvolný nárůst. Odpad je dle zákona dělen na nebezpečný, kterého je asi 15 % z celkového objemu a ostatní odpad. Zbývající odpad je z většiny stavební suť a materiály podobného charakteru, proto je možno opět využít více než 74,5 %. Problematické je však nakládání s komunálním odpadem, u tohoto odpadu se vzhledem ke skladbě zvyšuje energetická hodnota. Stále je však přes 60 % tohoto odpadu skládkováno, energetické a materiálové využití není dostatečné. Cílovým bodem je vyvýjení a následné využití zařízení k termické konverzi odpadů s produkcí energie s výstupem minimálního množství nebezpečných odpadů. Tyto požadavky splňuje pyrolýzní jednotka PTR 1 000 firmy SIMUL trust a.s. pro výrobu plynu určeného k pohonu kogeneračních jednotek. V tomto případě bude docházet ke zpracovávání drcených pneumatik. Tato lokalita pro záměr byla vybrána kvůli blízkosti zdroje vstupního odpadu, dostupnosti dopravní sítě a dostatečné vzdálenosti od obytné zástavby. Díky vhodné volbě umístění nebude potřeba provádět trvalé odnětí lesní půdy ani kácení lesního porostu. Nedotýká se zvláště chráněných území ani registrovaných významných krajinných prvků a biotopů [41].

##### **6. Popis technologického a technického řešení záměru**

Soubor technologických zařízení tvořící tento celek je následující:

drtiče odpadu spojené s lineárními sítí v samostatné hale, manipulační plocha, čtyři pyrolýzní jednotky PTR 1 000 v druhé hale, čtyři kusy o celkovém objemu 40 000 m<sup>3</sup> vakových plynojemů, které jsou zavěšeny v hale PTR, osmnáct kogeneračních jednotek, které jsou umístěny v šesti kontejnerech rozdělených na tři jednotky. Trafostanice je plánována kiosková, částečně zapuštěná do země. Zástavba jednotlivých budov záměru v katastrálním území Tušumice (771 899) se skládá z následujících jednotek:

Zpevněná manipulační plocha o rozměrech 80 m x 60 m (4 800 m<sup>2</sup>), bude zde ukládána vstupní surovina. Dvě haly, hala bude mít rozměry 20 m x 35 m (700 m<sup>2</sup>), budou zde instalovány drtiče, síta. Hala o rozměrech 29 m x 35 m (1015 m<sup>2</sup>), zde budou umístěny čtyři pyrolýzní jednotky PTR 1 000 firmy SIMUL trust a.s. na výrobu plynu užívaného pro pohon kogeneračních jednotek Cento T200 firmy TEDOM. Vyrobený plyn bude skladován do čtyř tlakových plynojemů, umístěných v hale pyrolýzních jednotek PTR. Dále se v této hale budou nacházet dva chladiče, jímka na olej, kogenerační jednotky, které budou spojeny s generátory, ty budou vždy po třech, každý bude mít výkon 200 kW. Na volném prostranství bude umístěno 6 lodních kontejnerů, ve kterých budou umístěny kogenerační jednotky. Celkový výkon generátorů kogeneračních jednotek bude 3 600 kW. Roční objem zpracovaného odpadu v podobě drcených pneumatik se odhaduje na 20 500 t [41].

Jak již bylo zmíněno, ročně se vyrobí 8 200 000 m<sup>3</sup> plynu o průměrné výhřevnosti 48 MJ/m<sup>3</sup>, z čehož plyne získání elektrické energie ročně 26 500 MWh. Tepelná energie se bude využívat pouze pro otop vlastních technologických objektů. Instalace spalinových výměníků do kogeneračních jednotek se neplánuje [41].

## **7. Předpokládaný termín zahájení a dokončení záměru**

Předpokládaný termín zahájení výstavby: červen 2013

Předpokládaný termín dokončení výstavby: prosinec 2013 [41].

## **8. Seznam dotčených územně samosprávných celků**

Kraj: Ústecký kraj

Krajský úřad Ústeckého kraje

Velká Hradební 3118/48, 400 02 Ústí nad Labem

Obec: Kadaň

Mírové náměstí 1, 432 01 Kadaň

Správní obvod obce s rozšířenou působností a obce s pověřeným obecním úřadem:

Městský úřad Kadaň

Mírové náměstí 1, 432 01 Kadaň [41]

## **9. Seznam navazujících rozhodnutí dle § 10 odst. 4 a správních úřadů, která budou tato rozhodnutí vydávat**

Navazující rozhodnutí jsou následující:

Územní řízení, stavební řízení, kolaudační rozhodnutí [41].

Navazující správní řízení ve věcech umístění, povolení trvalého využívání stavby následně bude vedeno věcně a místně příslušným stavebním úřadem a to sice podle umístění záměru Městským úřadem Kadaň, Mírové náměstí 1, 432 01 Kadaň [41].

Povolení k vypouštění vod do vod povrchových vydává vodoprávní úřad a to sice podle umístění záměru Městský úřad Kadaň, Mírové náměstí 1, 432 01 Kadaň [41].

V případě shledání potřebným, vydá k zařazení zdroje znečišťování ovzduší Ministerstvo životního prostředí stanovisko [41].

Krajský úřad Ústeckého kraje je kompetentní vydat závazné stanovisko k umístění a povolení provozu vyjmenovaného zdroje znečišťování [41].

Vedení řízení o integrovaném povolení se nepředpokládá, protože se zde nezpracovávají nebezpečné odpady a nedochází k produkci jednoduchých základních chemických látek [41].

Posouzení vlivů záměru na životní prostředí zajišťuje příslušný orgán, daný umístěním záměru. V tomto případě jde o Krajský úřad Ústeckého kraje se sídlem v Ústí nad Labem, odbor životního prostředí a zemědělství, Velká Hradební 3118/48, 400 02 Ústí nad Labem [41].

### **5.2.2 Údaje o vstupech**

#### **1. Půda (např. třída ochrany, druh, rozsah záboru)**

Plocha plánovaná k zástavbě se nachází v katastrálním území Tušimice (771 899), jedná se o nezastavěné parcely 97/21, 97/5 a 301/2. A to o přibližné nadmořské výšce 315 metrů nad mořem. Na tomto území probíhala v dřívějších dobách těžba hnědého uhlí, následovala rekultivace a v dnešní době je velká část území užívána jako skládka TKO i nebezpečných odpadů, kterou provozuje firma Skládka Tušimice a. s. Skládka má plánovanou životnost minimálně do roku 2014, kapacita skládky činí 52 900 m<sup>3</sup> [41].

V současné době je převážná část pozemků volnou plochou, na některých místech jsou uloženy staré pneumatiky. Pozemky, které se týkají záměru, nejsou vedeny v katastrálním území Tušimice (771 899) jako součást zemědělského půdního fondu.

Z hlediska jejich kvality nejsou vhodnou plochou pro zemědělské využití. Z čehož vyplývá, že nedojde k záboru zemědělského půdního fondu. Ze sdělení, které vydal Městský úřad Kadaň, odbor stavebního úřadu, ze dne 31. 01 2013 (č. j.: SÚ – 1577/2013/VJ/V) je zřejmé, že stavba technologie energetického využití odpadů pro zmíněnou skládku Tušimice v areálu Skládky Tušimice, která se týká pozemků parc. čísel 97/5, 97/21, 301/2 v katastrálním území Tušimice, je v souladu s územně plánovací dokumentací ÚP Kadaň – plocha technické infrastruktury [41].

Celkový zábor půdy, jehož součástí jsou manipulační plocha, 2 zastavěné haly, kogenerační jednotky a trafostanice činí 7215 m<sup>2</sup>. Na zájmové území mohou zasahovat ochranné pásmo VN nadzemního vedení, ochranná pásma vodovodu a ochranná pásma další technické infrastruktury.

Přehled limitů:

- Ochranné pásmo VVN nadzemního vedení 110 kV (zákon č. 458/2000 Sb.),
- Ochranné a bezpečnostní pásmo VTL a STL plynovodu (zákon č. 458/2000 Sb.),
- Ochranné pásmo VN kabelového vedení 22 kV (zákon č. 458(2000 Sb.),
- Ochranné pásmo VN nadzemního vedení 22 kV (zákon č. 458/2000 Sb.),
- Ochranné pásmo podzemního telekomunikačního vedení (zákon č. 127/2005 Sb.),
- Ochranné pásmo vodovodů a kanalizací (zákon č. 274/2001 Sb.).

Ochranná pásma inženýrských sítí (obecně):

- Vodovod do ø 500 - 1,5 m,
- Vedení NN - 1,0 m,
- Vedení VN – 1,0 m,
- Středotlaký plyn – 1,0 m,
- Vedení telefonu – 1,5 m,
- Silnice II. třídy – 15,0 m [41].

## **2. Voda (např. spotřeba a zdroj vody)**

Voda spotřebovávaná při výstavbě se bude odebírat v místě výroby betonářských výrobků, množství vody je odhadováno na 10 m<sup>3</sup>/den. Voda potřebná pro sociální zařízení dělníků se bude zajišťovat dovozem ze sídla stavební firmy. Pitná voda se bude dovážet. Pro provoz zařízení se bude odebírat voda z veřejného vodovodu ve vzdálenosti přibližně 200 m. Předpokládaný počet zaměstnanců bude přibližně 10, z čehož budou na denní a

odpolední směně 4 a na noční směně 1 ÷ 2. Předpokládaná roční spotřeba vody je 432 m<sup>3</sup>/rok. Pro technické účely bude používána voda v systému v uzavřeném okruhu jako chladicí kapalina. Nároky na doplňování vody do systému budou ojedinělé. Požární voda bude zajištěna stejným způsobem jako voda pitná a voda pro sociální užití [41].

### **3. Ostatní surovinové a energetické zdroje (např. zdroj, druh, spotřeba)**

Surovinové zdroje můžeme rozdělit na zdroje použité při výstavbě a na zdroje použité při provozu.

Stavební materiály užití při výstavbě:

- Betonové komponenty, armatury, zámečnické výrobky, stavební a další textilie, asfaltové betony, směsi.
- Písky, štěrkopísky, štěrky, kamenivo, recyklovaný materiál pro zpevněné plochy a konstrukce.
- Materiály pro zdíci a spojovací účely, obklady, izolace, okna, dveře, a další.
- Ocelové komponenty tvořící konstrukce, obvodové pláště, spojovací prvky a další.
- Potrubí z různých materiálů (např. kamenina, PVC), jsou zde zahrnuty také prvky jako šachtice, jímky a vpustě.
- Rozvody vytápěcí soustavy, rozvody pro hydranty, další pozinkované potrubí.
- Eletromateriál a elektrozařízení jako např. kabely, svítidla, rozvody, trafostanice, svodiče, hromosvody, zemící dráty.
- Instalace slaboproudu.
- Hygienická zařízení, dílenské, laboratorní a provozní vybavení, nábytek.
- Sadbové materiály a mobiliář.

Materiály použité při vlastním provozu:

Očekávají se pouze minimální požadavky na zabezpečení vstupních materiálů z důvodu údržby. Pravidelné dodávky budou tvořeny již zmíněnými odpady, které tvoří vstupní surovinu [41].

### **4. Nároky na dopravní a jinou infrastrukturu (např. potřeba staveb souvisejících)**

Areál technologie energetického využití odpadu Plánované napojení areálu Tušimice je na účelové komunikace napojené přímo na sjezd ze silnice II/568, které se nachází jízdou po silnici ve vzdálenosti asi 2 720 m od posuzovaného areálu. Očekává se, že bude



proud vozidel na silnici II/568 rozdělen z 50 % ve směru Kadaň a z 50 % ve směru na Chomutov. U účelových komunikací v úseku od hodnoceného areálu po křížení se silnicí II/568 se předpokládá osobní i nákladní doprava ve výši 100 %. V době fáze výstavby je předpoklad po nasazení obvyklé stavební techniky průjezd 2 až 3 nákladních aut za hodinu a max. 30 jízd nákladních automobilů za den v denní době. Ve fázi provozu se odhaduje max. provoz na 20 těžkých nákladních vozidel a 10 osobních automobilů denně. Běžný provoz se odhaduje na 10 těžkých vozidel a 5 osobních automobilů denně. S tím, že nákladní doprava bude realizována pouze ve dne. Roční balance automobilů dopravujících materiál ke zpracování činí 1 680 nákladních automobilů ročně, u odvozu pevné frakce činí balance 530 nákladních automobilů ročně, u balance odvozu pyrolýzního oleje činí 310 cisteren ročně. Nárůst dopravy na využívaných silnicích bude vzhledem k obvyklému provozu minimální [41].

### **5.2.3 Údaje o výstupech**

#### **1. Ovzduší (např. výčet zdrojů znečištění, množství a druh emitovaných škodlivin, účinnost a způsoby zachycování těchto látek)**

Druh a množství emisí můžeme zařazovat do období provozu a období výstavby [41].

#### **Období provozu**

##### **Hlavní bodové zdroje znečištění ovzduší**

Odpad je zpracováván metodou pracující za nepřístupu vzduchu. Dochází pouze k tepelnému rozkladu odpadu, vstupujících do zařízení. Probíhá rozklad na pevnou, kapalnou a plynnou složku. Plynná složka se vysouší, odsiřuje a čistí průchodem aktivním uhlím, tam se zachycují všechny znečišťující látky. Vycházející plyn se svými vlastnostmi blíží generátorovému plynu. Plyn je spotřebováván kogenerační jednotkou, kde se vyrábí elektrická energie, jež je dodávána do sítě, nepoužívá se k provozu zařízení. Energetická náročnost se snižuje využitím odpadního tepla ze vstupních materiálů [41].

Vlastní tepelná úprava odpadů je pro účely tohoto oznámení zařazena dle přílohy č. 2 k „zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší“ [50], jako následující vyjmenovaný stacionární zdroj:

- 3.6. Zplyňování a zkapalňování uhlí, výroba a rafinace plynů a minerálních olejů, výroba energetických plynů (generátorový plyn, svítiplyn) a syntézních plynů.

Vyprodukovaný plyn v pyrolýzních jednotkách se bude spalovat v osmnácti kogeneračních jednotkách, jejichž tepelný příkon činí 510 kW v přiváděném palivu (TEDOM Cento T 200 SPKON o tepelném výkonu 253 kW a o elektrickém výkonu 200 kW), tímto bude produkováno teplo a elektrický proud. Celkový tepelný výkon bude 4 554 kW, celkový elektrický výkon bude 3 600 kW, celkový tepelný příkon bude činit 9 180 kW. Proud bude zásobovat veřejnou distribuční síť [41].

Spalování syntetického plynu s doprovodnou výrobou elektrické energie se řadí dle přílohy č. 2 k „zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší“ [50], jako následující vyjmenovaný stacionární zdroj:

- 1.2. Spalování paliv v pístových spalovacích motorech o celkovém jmenovitém tepelném příkonu vyšším než 5 MW.

Ke vzniku emisí znečišťujících látek dochází pouze ze spalování plynu, který vznikl z pyrolýzního procesu v kogeneračních jednotkách, jež představují hlavní bodové zdroje znečišťování ovzduší. K výpočtu emisí produkovaných provozem kogeneračních jednotek se použijí emisní limity pro spalovací pístové motory s platností do 31. 12. 2017 (příloha č. 2, část II, tab. 2.2 „vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší“ [51]. I přes to, že toto zařízení není spalovnou odpadu ve smyslu zákon, i tak tu byly provedeny rozptylové studie, kterými se modelovaly také znečišťující látky, jež jsou charakteristické u spaloven odpadů. Vypočítávaly se emise SO<sub>2</sub>, TZL, TOC, HCL, a dalších látek patřících do emisních limitů pro spalovny odpadu dle přílohy č. 4, část I, bod 1 „vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší“ [51]. Podle zkušebního měření emisí na výstupu za kogenerační jednotkou zkušební pyrolýzní jednotky PTR 1 000, kogenerační jednotky TEDOM Cento T 180 SP a příslušenství bylo zjištěno, že se hodnoty ani zdaleka nepřibližují k limitním hodnotám emisí stanoveným pro spalovny odpadů [41].

### Hlavní plošné zdroje znečišťování ovzduší

K těmto zdrojům řadíme např. pojezdy vysokozdvížných vozíků a dalších drobných mechanismů po zpevněné manipulační ploše výměry přibližně 4 800m<sup>2</sup>. Emise z těchto zdrojů by měly být minimální. Dále se zde budou pohybovat nákladní automobily. Při ostatních pochodech odehrávaných v hale by emise vznikat již neměly [41].

### Hlavní linové zdroje znečišťování ovzduší

Mezi tyto zdroje patří výfukové plyny především nákladních automobilů. Pro určování množství emisí (viz. Tab. 3) se používá vzorec  $E = E_F \times Q \times L \times 10^{-3}$ . E – emise (kg), E<sub>F</sub> – emisní faktor jednotkového vozidla (g/km.voz.), Q – počet vozidel (vozidla za období provozu), L – délka příjezdové a odjezdové komunikace (km). K výpočtu emisních faktorů byly použity emisní faktory silničních vozidel z internetových stránek ATEM Praha (<http://www.atem.cz>). Emisní faktory jsou vybrány pro rychlost 50 km/hod. Množství emisí z obslužné dopravy v areálu bude nepatrné, emise pro osobní automobily nebyly počítány, jelikož jsou emisní faktory pro osobní automobily nižší než emisní faktory pro nákladní vozy [41].

Tab. 3 - Množství emisí na uvedené trase – období provozu (320 prac. dnů/rok) (zdroj: [41])

Škodlivina	Emisní faktor E <sub>F</sub> [g/km.voz], 50 km/hod., TNA	Emise za 320 dnů [kg]
PM <sub>10</sub>	0,735	25,589
NO <sub>2</sub>	0,700	24,371
CO	6,772	235,774
Benzen	0,026	0,905
Benzo(a)pyren	0,000000274	0,00000954

### Období výstavby

Zvýšený provoz nákladních automobilů z důvodu výstavby bude přibližně 6 – 7 měsíců. Hlavními stavebními cykly budou betonáž základové desky a základů, montáž haly a usazení jednotek technologií na základech, betonové směsi, štěrk a všechny ostatní vstupy potřebné pro stavbu budou dovezeny [41].

### Hlavní bodové zdroje znečišťování ovzduší

Výskyt významných bodových zdrojů znečištění se v období výstavby nepředpokládá. Tímto zdrojem může být např. generátor pro výrobu elektrické energie pro provoz pracovního nářadí [41].

### Hlavní plošné zdroje znečišťování ovzduší

Jsou to činnosti související s přípravou území probíhající na staveništi. Vyčištění areálu od starých pneumatik, doprava stavebních materiálů, stavební práce. Pro částečné omezení prašnosti ploch staveniště při nákladní dopravě lze využít skrápěcí povrchu. Mezi očekávané znečišťující látky řadíme  $PM_{10}$ , oxid dusičitý, oxid uhelnatý a benzen reprezentující karcinogenní uhlovodíky. Vzhledem k značné vzdálenosti obytné zástavby nedojde ke zhoršení kvality ovzduší ani v již zmíněných nejbližších obytných zástavbách [41].

### Hlavní liniové zdroje znečišťování ovzduší

Liniovými zdroji jsou nákladní automobily a jejich emise výfukových plynů. Emise (viz. Tab. 4) byly vypočteny pro úsek příjezdové komunikace o délce 2 720 m od křížení silnice II/568 po začátek areálu záměru. Příjezd a odjezd činí 5 440 m. Byl volen emisní

Tab. 4 - Množství emisí z křížení silnice II/568 na staveništi – období výstavby (zdroj: [41])

Škodlivina	Emisní faktor $E_F$ [g/km.voz], 50 km/hod., TNA	Emise za 6 měsíců [kg]
$PM_{10}$	0,735	0,999
$NO_2$	0,700	0,952
CO	6,772	9,209
Benzen	0,026	0,035

faktor pro rychlost 50 km/hod. Největší zatížení se předpokládá pro úsek 40 dnů, kdy budou probíhat betonářské práce a práce se zeminou, v té době bude provoz přibližně 45 domíchávačů betonu a 70 nákladních automobilů pro odvoz zeminy a jiných odpadů. Po

dobu výstavby se odhaduje počet automobilů na 250 vozidel. Pro určování emisí se použije vzorec  $E = E_F \times Q \times L \times 10^{-3}$ .  $E$  – emise (kg),  $E_F$  - emisní faktor jednotkového vozidla (g/km.voz),  $Q$  – počet vozidel (vozidla za období výstavby),  $L$  – délka příjezdové a odjezdové komunikace (km) [41].

### **Celkové emise při výstavbě**

V těchto emisích (viz. Tab. 5) jsou zahrnuty a sečteny emise, vznikající při realizaci dpravy nákladních automobilů po účelových komunikacích ve zmíněném úseku od křížení silnice II/568 po areál záměru. Emise stavebních strojů a nákladních automobilů na pracovišti [41].

*Tab. 5 - Celkové množství emisí za období výstavby (zdroj: [41])*

<b>Škodlivina</b>	<b>Emise [kg]</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	128,039
<b>NO<sub>2</sub></b>	256,992
<b>CO</b>	724,049
<b>Benzen</b>	2,635

## **2. Odpadní vody (např. výčet zdrojů odpadních vod, místo a množství vypouštění odpadních vod)**

### **Období výstavby**

Odpadní vody spojené s pohybem a ubytováním dělníků na místě budou odstraňovány odvozem nádrží a chemických WC. Pracovní stroje budou čištěny mechanicky, znečištěné komunikace budou čištěny odstříkem vody z cisterny [41].

Očekává se zvýšený odtok dešťové vody z důvodu narušení terénu zemními pracemi. Tento stav bude trvat až do pokrytí novou vegetací. Koeficient odtoku bude na zpevněných plochách vyšší než na neupraveném terénu, vsakování do trvalých travních porostů a orné půdy bude bezproblémové. Tuto situaci řeší příslušná projektová dokumentace [41].

## Období provozu

### Dešťová voda

Plochy, u kterých je potencionálně možný únik závadných látek nebo jejich průsak do podloží, budou zabezpečeny izolací odolnou proti látkám, s nimiž se v zařízení pracuje. Povrchová voda z ploch zpevněných a z manipulačních bude odváděna do odlučovače ropných látek a posléze zasakována. Dále bude v lokalitě zasakována dešťová voda ze střech dvou hal [41].

### Splaškové odpadní vody

Odhadované množství produkované splaškové vody (viz. tab. 6) ze sociálních zařízení je přibližně 1,2 m<sup>3</sup>/den, což odpovídá také předpokládané spotřebě pitné vody. K odkanalizování splaškových odpadních vod bude docházet prostřednictvím samostatné kanalizační přípojky do uzavřené, bezodtokové kanalizační jímky splaškových vod odpovídajícího objemu, který pokryje minimálně měsíční produkci. Dále budou odpadní vody odváženy na městskou ČOV, kde budou zlikvidovány [41].

Tab. 6 - Předpokládaná produkce splaškových odpadních vod (zdroj: [41])

<b>Průměrná denní produkce</b>	<b>Sekundová produkce</b>	<b>Průměrná měsíční produkce</b>	<b>Průměrná roční produkce</b>
(m <sup>3</sup> /den)	(l/s)	(m <sup>3</sup> /měsíc)	(m <sup>3</sup> /rok)
1,20	0,014	36	432

### Technologická voda

Doplňování odpařené vody používané pro chlazení procesu bude realizováno z vyčištěné kondenzované vody získané z vlhkosti vstupních odpadů. Čištění se bude provádět pomocí aktivního uhlí a filtrace, případně se upraví pH vody. Každá jednotka bude mít akumulovanou vodu ve své jímce o objemu 90 m<sup>3</sup>. Voda se bude užívat v uzavřeném okruhu jako chladicí kapalina, příměsí bude etylenglykol pro ochlazení plynu [41].

### 3. Odpady (například seznam zdrojů odpadů, množství a kategorizace odpadů, zůsoby nakládání s nimi)

Při nakládání s odpady je nutné se řídit předpisy: „zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů“ [52].

„Vyhláška MŽP č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve znění pozdějších předpisů“ [53].

„Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů“ [54].

„Vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů“ [60].

„Vyhláška MŽP č. 384/2001 Sb. o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachloridfenylmetanem, monometyldichloridfenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 50 mg/kg (o nakládání s PCB)“ [55].

„Vyhláška MŽP č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady“ [56].

„Vyhláška MŽP č. 352/2005 Sb. o nakládání s elektrozařízením a elektroodpady,„

„Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech), ve znění zákona č. 66/2006 Sb.“ [41] [58].

S odpadem je podle zákona č. 185/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů povoleno nakládat způsobem daným tímto zákonem, povinnosti původců odpadů jsou stanoveny § 16 zákona o odpadech. Očekává se vznik odpadu ze stavební činnosti: obaly z technologických celků, dřevo, ocel, cihly, beton a další. Přebytečná výkopová zemina by měla být použita pro hutněné podkladové vrstvy zpevněných a manipulačních ploch. Po ukončení prací bude evidence vedená stavebním dodavatelem dodána příslušnému úřadu. Je vhodné, aby byly investorem ve smlouvách ukotveny povinnosti zhotovovatele odstraňovat odpady vzniklé jeho činností [41].

### Odpady vznikající v průběhu výstavby zařízení

Na pozemku plánovaného areálu jsou uloženy pneumatiky, které budou energeticky využity, jakmile bude zařízení v provozu a jiné odpady taktéž. Před započítáním prací je potřeba vyčištění pozemku, odpady budou odvezeny mimo staveniště prováděcí stavební nebo jinou firmou. Předpokládá se, že budou v procesu výstavby vznikat odpady. Odpady zařazuje „Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů“ [41] [54].

### Odpady vznikající při provozu technologie energetického využití odpadu

Vzniklé odpady se třídí a ukládají, následně jsou využity nebo odstraněny oprávněnou organizací, jenž má uzavřenou příslušnou smlouvu. Ukládané odpady musí být uloženy vzhledem ke svým vlastnostem odpovídajícím způsobem, aby se zabránilo nepříznivým účinkům. Odpady musí být pravidelně kontrolovány odpovědnými zaměstnanci. V následující tabulce (viz. Tab. 7) jsou nebezpečné odpady dle platné legislativy označeny „\*“ a kategorie jsou označeny „O“, „N“ [41].

Tab. 7 - Přehled odpadů vznikajících při provozu technologie energetického využití odpadu (zdroj: 41)

Katalogové číslo odpadu	Název druhu odpadu	Kategorie odpadu
08 901 11*	Odpadní barvy a laky obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	N
08 01 12	Jiné odpadní barvy a laky neuvedené pod číslem 08 01 11	O
13 01 10*	Nechlorované hydraulické minerální oleje	N
13 01 11*	Syntetické hydraulické oleje	N
13 01 13*	Jiné hydraulické oleje	N
13 02 05*	Nechlorované minerální, motorové, převodové a mazací oleje	N
13 02 06*	Syntetické motorové, převodové a mazací oleje	N
13 02 08*	Jiné motorové, převodové a mazací oleje	N



13 05 02*	Kaly z odlučovačů olejů	N
13 05 03*	Kaly z lapáků nečistot	N
13 05 06*	Kaly z odlučovačů oleje	N
13 05 07*	Zaolejovaná voda z odlučovačů oleje	N
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly	O
15 01 02	Plastové obaly	O
15 01 03	Dřevěné obaly	O
15 01 04	Kovové obaly	O
15 01 06	Směsné obaly	O
15 01 10*	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné	N
15 02 02*	Absorpční činidla, filtrační seriály (včetně olejových filtrů jinak blíže neurčených), čisticí tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami	N
15 02 03	Absorpční činidla, filtrační materiály, čisticí tkaniny a ochranné oděvy neuvedené pod číslem 15 02 02	O
16 06 01*	Olověné akumulátory	N
17 02 03	Plasty	O
17 04 05	Železo a ocel	O
17 04 11	Kabely neuvedené pod 17 04 10	O
19 01 05*	Filtrační koláče z čištění odpadních plynů	N
19 01 06*	Odpadní vody z čištění odpadních plynů a jiné odpadní vody	N
19 01 07*	Pevné odpady z čištění odpadních plynů	N
19 01 10*	Upotřebené aktivní uhlí z čištění spalin	N
19 01 17*	Odpad z pyrolýzy obsahující nebezpečné látky	N
19 01 18	Odpad z pyrolýzy neuvedený pod číslem 19 01 17	O
20 01 21*	Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť	N
20 03 01	Směsný komunální odpad	O

20 0303	Uliční smetky	O
---------	---------------	---

Podrobnější a konečný seznam jednotlivých druhů odpadů vznikajících při výstavbě a provozu technologie energetického využití je možné dokončit při zpracovávání následujících stupňů projektové dokumentace. Odpady vznikající při provozu zařízení pro energetické využití odpadů jsou zařazeny ve „vyhlášce MŽP č. 381/2001 Sb. kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů“ [54]. Provozovatel je povinen vést průběžně evidenci odpadů dle § 39 „zákona č. 185/2001 Sb., odpadech, ve znění pozdějších předpisů“ [52], a § 21 vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů“ [60].

Zařízení má omezenou životnost, po ukončení činnosti bude rozloženo, železný odpad bude odvezen do sběrný kovů [41].

Při provozu budou dále produkovány látky, které budou certifikovaným výrobkem, nebo vedlejším produktem, nebo budou odpadem:

- Syntetický plyn, který se bude využívat v kogenerační jednotce.
- Produkované teplo kogenerační jednotkou.
- Kogenerační jednotkou produkována elektrická energie.
- Téměř čistý uhlík (saze) s možností využití pro gumárenský průmysl a při výrobě aktivního uhlí (skladování v obalech BIG – BAG).
- Výstupy čistých kovů neželezitých (které budou skladovány v kontejnerech) i železitých [41].

Množství a složení jednotlivých frakcí, které budou vystupovat ze zařízení bude závislé na složení vstupního materiálu.

- Plynná frakce o 20 % – 35 % hmotnosti vstupního materiálu.
- Kapalná frakce o 10 % – 40 % hmotnosti vstupního materiálu.
- Pevná frakce o 45 % – 60 % hmotnosti vstupního materiálu.

S pevnými a olejovými výstupy z procesu se může nakládat jako s palivem a budou využity pro komerční prodej. Pevný zbytek obsahuje přibližně 80 % – 90 % čistého uhlíku. Vlastnosti kapalně frakce jsou v následující tabulce (viz. Tab. 8) [41].

Tab. 8 - Kvalita vzniklého pyrolýzního oleje (zdroj: [41])

Hustota	kg/m <sup>3</sup>	924 – 935
Výhřevnost	Mj/kg	35 – 42
Obsah síry	mg/kg	0,50 – 1,1
Obsah PCB	g/kg	< 5

#### 4. Ostatní (například vibrace, hluk, zápach, záření, další výstupy – přehled zdrojů, množství emisí a způsoby omezení těchto emisí)

##### Hluk

Produkovaný hluk můžeme také rozdělit na hluk vytvářený v období výstavby a hluk vytvářený v období provozu [41].

##### Období výstavby

##### Zdroje liniové

K těmto zdrojům patří automobilová doprava po komunikacích použita k dopravě materiálů a komponentů technologického zázemí záměru. Odhaduje se max. průjezd nákladních automobilů 30 za hodinu a 20 osobních automobilů denně a to v denní dobu. Výkopové práce a jejich rozsah nejsou ve fázi přípravy ještě upřesněny [41].

##### Zdroje plošné

Zdrojem jsou práce na ploše hlavního staveniště a v prostorech mimo veřejné komunikace. Jedná se o pohyb a práci stavebních mechanismů a pojezdy nákladních automobilů se stavebním materiálem [41].

##### Období provozu

##### Zdroje liniové

Pro dopravu odpadů určených k pyrolýze, odvoz pevné frakce a pyrolýzního oleje se bude využívat účelových komunikací a silnice II/568. Četnost provozu automobilů potřebných pro provoz areálu, který bude 320 dní v roce je dohadována na max. 5

nákladních automobilů (6 až 10 jízd při dopravě materiálu, 2 jízdy při odvozu pevné frakce a 2 jízdy při odvozu pyrolýzního oleje cisternou. Osobních automobilů bude přibližně 5 denně (10 jízd). Nákladní doprava je plánována pouze na denní dobu. Zatížení silnice II/568 provozem se plánuje na 50 % ve směru na Kadaň a na 50 % ve směru na Chomutov. Od této silnice až po areál je předpokládána nákladní i osobní doprava po účelových komunikacích předpokládána o výši 100 % [41].

### Zdroje plošné

Plošnými zdroji jsou zdroje na území areálu. Považujeme za ně stěny haly, ve které bude probíhat druhý stupeň drcení. Pneumatiky by měly být drceny na 20 mm – 30 mm. Hladina akustického výkonu druhého stupně drcení je max. 105 dB. V druhé hale budou umístěny čtyři pyrolýzní jednotky PTR 1 000, nejsou však významným zdrojem hluku. Akustické výkony (viz tab. 9) na prvcích fasády byly vypočteny dle ČSN – EN 12354 – 4 Přenos zvuku z budovy do venkovního prostoru [41].

Tab. 9 - Akustické výkony na obvodových konstrukcích haly drtící linky (zdroj: [41])

LpA [dB]	prvek	X'as [dB]	Cd	plocha [m <sup>2</sup> ]	Lwa [dB]
<b>Severní fasáda</b>					
90,1	stěna	28,4	- 5	260	80,68
90,1	vrata	21,36	- 5	10	76,75
90,1	otevř. vrata	1	- 5	10	94,1
<b>východní a západní fasáda</b>					
90,1	stěna	26,7	- 5	160	80,44
<b>jižní fasáda</b>					
90,1	stěna	28,4	- 5	250	80,68
90,1	okno	21,7	- 5	30	78,17

### Zdroje bodové

Těmito zdroji jsou kogenerační jednotky, kterých bude umístěných na severní straně haly 18 ks, budou vždy umístěny po třech v šesti kontejnerech na volné ploše. Je počítáno s jednotkami v provedení “Silent” o hladině akustického tlaku LpA, 1m = 72 dB

(kryt),  $L_{pA}, 1m = 76 \text{ dB}$  (ventilace) a  $L_{pA}, 1m = 80 \text{ dB}$  (vývod spalin). Čelní kolový nakladač použitý k manipulaci s materiálem k pyrolýze na zpevněné ploše s hodnotou  $L_{WA} = 105 \text{ dB}$  [41].

### **Zápach**

Běžný provoz technologie nebude zdrojem zápachu pro své prostředí, možnost vzniku zápachu se naskytá v případě havárie, při vzniku mimořádné události [41].

### **Vibrace**

Při výstavbě zařízení mohou vibrace vznikat při široké škále činností. Přenos se může uskutečňovat z práce nákladních automobilů, při zemních pracích a při činnosti pracovních strojů. Dále při stavebních činnostech, např. při ukládání betonových konstrukcí, vibrování betonu. Tento vliv se očekává pouze v denních hodinách, kdy budou prováděny práce na areálu [41].

Při provozu již hotového zařízení se nepředpokládá šíření a působení vibrací do okolního prostředí a na obyvatelstvo. Je možné, že se vyskytnou pouze vibrace malých intenzit, přenášené do horninového prostředí přes železobetonové bloky. Nezbytné je provedení geofyzikálního průzkumu území, podle kterého se řeší bezpečné uložení základů [41].

### **Elektromagnetické a jiné záření**

Předpokládá se, že bude na pracovišti vydáváno elektromagnetické záření, vydávané elektromotory, transformátory a generátory. Vliv na zdraví by mohlo mít v případě dlouhodobého pohybu v těsné blízkosti těchto zařízení, což se nepředpokládá. Radionuklidové zářiče nebudou ve fázi realizace a provozu použity, v tomto směru nehrozí nebezpečí [41].

## **5. Doplnující údaje (například zásah do krajiny a významné terénní úpravy)**

Zájmová oblast je zasažena povrchovou těžbou, velká část je po provedené rekultivaci, posléze byla vyhrazena skládce. Území je významně antropogenně ovlivněno, v průběhu let docházelo k odkryvu kvartérního pokryvu, k zásahu do hlubších vrstev. Na lokalitě se na základě dosavadních činností a výsledků neočekává nález archeologických

předmětů. Nejbližší archeologicky cenná lokalit je paleontologické naleziště „Merkur“ s rozlohou 3, 19 ha, které se nachází v dobývacím prostoru lomu Merkur. 8,7 km západojihozápadním směrem se nachází pravěké hradiště a archeologická lokalita Úhošť. Ovlivněný krajinný ráz areálu plánované technologie bude vzhledem k jeho charakteru ovlivněn minimálně. Krajina byla dlouhodobě ovlivňována lidskou činností, jde již o typickou průmyslovou krajinu, nemá významnou estetickou funkci [41].

## 6.0 Závěr

Pyrolýza má sice ve srovnání se spalováním nebo zplyňováním své nevýhody, vedle nich se však nabízí řada výhod. Ve srovnání s jinými metodami dochází k menší produkci znečišťujících látek do ovzduší, většina těchto látek vystupuje v pevné formě, ve které jsou vázány a dají se použít např. ve stavebnictví. Postupem času se snad díky kombinaci výhod a technologickému pokroku změní názor na tuto technologii a přístup k jejímu používání. U nás se nacházející pyrolýzní linky zatím nepracují v plném provozu, jedná se o zkušební zařízení. V zahraničí je situace jiná, používané pyrolýzní linky jsou však do určité míry odlišné. V další kapitole sledujeme existující a vyvíjená zařízení EVO v ČR a ve světě. Zařízení pracující v plném provozu fungují na základě metod spalování a zplyňování. Historie této činnosti u nás započala již na začátku 20. století. Dnes jsou největšími zařízeními SAKO Brno, ZEVO Malešice, TERMIZO Liberec. Na vývoji pyrolýzní technologie pracují za spolupráci s VSB - TUO např. ELIAV a.s., nebo společenství Klastř ENVICRACK Provozují zatím demonstrativní pyrolýzní linky. Vzhledem k legislativním požadavkům na nakládání s odpadem, což je způsobeno požadavkem na snížení množství skládkovaného odpadu, bude do roku 2020 potřeba vyřešit energetické využití odpadu v porovnání s dnešní dobou navýšeném o 650 tisíc tun ročně. Ve světě se nachází řada pyrolýzních jednotek s více či méně úspěšným provozem. Nejširší zastoupení této technologie nalezneme v SRN a v Japonsku. Následně je práce zaměřena na hlavní okruhy problémů v rámci realizace a posuzování vlivů pyrolýzních jednotek pro energetické využití odpadů na životní prostředí. Při realizaci záměru se naskytuje řada překážek. Ať už to jsou např. legislativní překážky nebo překážky ze strany obyvatel, kdy bývají největší obavy především ze vzniku znečišťujících látek. Je potřeba jejich schopného a efektivního vedení společnosti daného záměru. Když vezmeme v úvahu např. produkci  $PM_{10}$ , což může být např. jeden z argumentů veřejnosti, tak je známo, že hlavním producentem je automobilová doprava a lokální topeniště, které zatěžují prostředí zejména v zimním období. Pátá kapitola práce je návrhem části dokumentace pro posouzení vlivů záměru EVO Tušimice na životní prostředí dle přílohy č. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., a ve znění pozdějších předpisů. Pyrolýzní jednotka PTR od firmy HEDVIGA GROUP a.s. realizována v Tušimicích by měla být dle očekávání přínosem. Do budoucna můžeme snad doufat v rozvoj takových technologií, díky kterým získáme energii např. z odpadu, když je zřejmé, že zásoby neobnovitelných zdrojů energie, které jsme s dnešní technikou schopni získat, budou postupně ubývat.

### Seznam použité literatury

- [1] OBROUČKA, Karel. *Termické zneškodňování odpadů* (skriptum). Ostrava: VŠB-TU, FMFI, 1997. ISBN 80-7078-505-5. 144 s.
- [2] ZUREK, Jan. *Termické metody zneškodňování odpadů*. Ostrava, 2009. Bakalářská práce. VŠB - TUO. Vedoucí práce Doc. Ing. Vladimír Čáblík Ph.D.
- [3] ENVIWIKI: *Spalovna odpadů* [online]. [cit. 2013-01-17] Dostupné na www: <[http://www.enviwiki.cz/wiki/Spalovna\\_odpad%C5%AF](http://www.enviwiki.cz/wiki/Spalovna_odpad%C5%AF)>.
- [4] KOSTRHUN, Jiří. *Flexibilní třídící systémy odpadů pro materiálovou recyklaci i energetické využití*. Ostrava, 2009. Bakalářská práce. VŠB - TUO. Vedoucí práce Ing. Miluše Hlavatá Ph.D.
- [5] TÁBORSKÝ, T., JUNGSMANN, J., *Energetické a materiálové využívání použitých pneumatik*. ODPADOVÉ FÓRUM, 2. únor 20006, s. 12 – 13. ISSN 12127779.
- [6] STANOVSKÁ, Barbora. *Možnost zpracování vybrané složky odpadu použitím pyrolýzní jednotky*. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB - TUO.
- [7] HLAVATÁ, Miluše. *Odpadové hospodářství*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. 174 s. ISBN 80-248-0737-8.
- [8] JUCHELKOVÁ, Dagmar. *Odpady, vedlejší produkty a nakládání s nimi*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2005. 100 s. ISBN 80-248-0753-X.
- [9] ŠPAČEK, Josef. *Recyklace pneumatik*. ODPADOVÉ FÓRUM. 2006, č. 6, s. 28 – 29. ISSN 1212-7779.
- [10] *Pyrolýzní zpracování odpadů* [online]. [cit. 2013-02-01]. Dostupný na www: <[http://www.strobo.cz/img/down\\_soubor1091.pdf](http://www.strobo.cz/img/down_soubor1091.pdf)>.



Bc. Vladimír Kollár: Posouzení vlivu pyrolýzní technologie na životní prostředí

[11] OBROUČKA, Karel. *Termické odstraňování a energetické využívání odpadů*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001. 143 s. ISBN 80-248-0009- 8.

[12] JÍLKOVÁ, Lenka, Karel CIAHOTNÝ a Radek ČERNÝ. *Technologie pro pyrolýzu paliv a odpadů a paliva* 4. 2012, č. 3, 74 - 80. [cit. 2013-03-04]. Dostupné z www: <http://paliva.vscht.cz/download.php?id=76>.

[13] Anonym [cit. 2013-02-01] Dostupné z www: <<http://www.thermoselect.com>>.

[14] Hyžík J.: *Odpadové hospodářství - jsou alternativní technologie alternativami?* Biom.cz [online]. 2006 [cit. 2012-02-05-]. Dostupné z www: <<http://odpady.ihned.cz/c1-18438120-odpadove-hospodarstvi-jsou-alternativni-technologie-alternativami>>.

[15] Staf M.: *Výzkum termické konverze odpadní biomasy na plyná a kapalná paliva*. Biom.cz [online]. 2005 [cit. 2013-02-07]. Dostupné z www: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-termicke-konverze-odpadni-biomasy-na-plynna-a-kapalna-paliva>.

[16] Anonym [cit. 2013-02-09]. Dostupné z www: <<http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/pyrolyza-a-plazma/thermoselect-historie.aspx>>.

[17] *Pyrolýzní zpracování odpadů* [online]. [cit. 2012-03-09]. Dostupný na www: <[http://www.strobo.cz/img/down\\_soubor1091.pdf](http://www.strobo.cz/img/down_soubor1091.pdf)>.

[18] *Technical advance on the pyrolysis of used tires in China* [online]. China-Japan International Academic Symposium: Environmental Problem in Chinese IronSteelmaking Industries, 2000 [cit. 2012-04-04]. Dostupný na www: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd24/10yang.pdf>>.

[19] *Odpad je nevyčerpatelný zdroj energie*. Energetické využití odpadů: Odpadové fórum [online]. Praha, 2011 [cit. 2013-02-10]. Dostupné z www: <http://www.odpadoveforum.cz/prilohy/Priloha5.pdf>.

[20] Integrovaná prevence a omezování znečištění: *Referenční dokument o nejlepších dostupných technologiích spalování odpadů*. CENIA, česká informační agentura životního

Bc. Vladimír Kollár: Posouzení vlivu pyrolýzní technologie na životní prostředí prostředí [online]. Praha, 2005 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z [www: http://www.cenia.cz/web/www/webpub2.nsf/\\$pid/CENMSFLZ7EX4/\\$FILE/Spalov%C3%A1n%C3%AD%20odpad%C5%AF.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/webpub2.nsf/$pid/CENMSFLZ7EX4/$FILE/Spalov%C3%A1n%C3%AD%20odpad%C5%AF.pdf).

[21] MĚRKA, Ondřej. *Analýza v oblasti posuzování vlivů spaloven a zařízení pro energetické využití odpadů na ŽP v České republice*. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB - TUO. Vedoucí práce Prof. Ing. Vladimír Lapčík Csc.

[22] LAPČÍK, Vladimír. *Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí*. I. vydání. Ostrava: VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 1996. 120 s. ISBN 80-7078-316-8.

[23] LAPČÍK, Vladimír. *Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí*. Ostrava: VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 2011. 217 s. ISBN 978-80-248-2440-6.

[24] *Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)*. CENIA, česká informační agentura životního prostředí [online]. Praha, 2001 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z [www: http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPM\\_SFGRIBRY/\\$FILE/zakon\\_uz.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPM_SFGRIBRY/$FILE/zakon_uz.pdf).

[25] ŠEJVL, Radovan. *Energetické zplyňování a jeho cesta k vyšší účinnosti a energetickému využití odpadů*. Energis24.cz. 2009. Dostupné z [www: http://energis24.cz/sites/default/files/Publikace\\_Technika\\_pro\\_EVO.pdf](http://energis24.cz/sites/default/files/Publikace_Technika_pro_EVO.pdf).

[26] Arnika - *Odpad je surovina*. Arnika [online]. Praha, 2008 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z [www: http://arnika.org/odpad-je-surovina](http://arnika.org/odpad-je-surovina).

[27] BROŽOVÁ, S., PUSTOVSKÁ, P.. Odpadové forum [online]. c2008- [cit. 2009-03-03]. Dostupný z [www: <http://www.odpadoveforum.cz/symposium/TextyOF/621.pdf>](http://www.odpadoveforum.cz/symposium/TextyOF/621.pdf).

[28] *BTG Central Europe: Rychlá pyrolýza* [online]. 2012 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z [www: http://www.btg.cz/cz/o-biomase/rychla-pyrolyza/technologie-btg-pro-rychlou-pyrolyzu](http://www.btg.cz/cz/o-biomase/rychla-pyrolyza/technologie-btg-pro-rychlou-pyrolyzu).

- Bc. Vladimír Kollár: Posouzení vlivu pyrolýzní technologie na životní prostředí
- [29] *Zpracování agroponického odpadu procesem pomalé pyrolýzy*. [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z www: [http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa\\_ix/papers/01-Barger.pdf](http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_ix/papers/01-Barger.pdf).
- [30] ROUBÍČEK, V., BUCHTELE, J. : *Uhlí, zdroje, procesy, použití*. Ostrava: MONTANEX, 2002. 173 s. ISBN 80-7225-063-9.
- [31] BUEKENS, A., SCHOETERS, J.: *Thermal methods in waste disposal: Part 1: Pyrolysis and Gasification. Final Report. Study performed for E.E.C. under Contract Number ECJ 1011/b 721083/b*, 1984.
- [32] BILITEWSKI, Bernd, et al. *Podrecznik gospodarki odpadami*. Warszawa: SeidelPrzywecki, 2003. 734 s. ISBN 83-910801-9-6.
- [33] Wwww.web.tuke.sk [online]. 2005 [cit. 2013-01-28]. *Zneškodňovanie odpadov*. Dostupné z www: <<http://web.tuke.sk/hfkch/Analyticka%20chemia/Chozo/chozo7.pdf>>.
- [34] PROKEŠ, Karel; HERRMANN, Jiří. *Pyrolýza a energetické využití odpadů*. Odpadové fórum [online]. 21. 4. 2010, 5. ročník, [cit. 2013-02-17]. Dostupný z www: <<http://www.odpadoveforum.cz/OF2010/dokumenty/prispevky/044.pdf>>.
- [35] *Sasol reaching new frontiers : explore sasol* [online]. 2006, [cit. 2013-01-21]. Dostupný z www: <<http://sasol.com>>.
- [36] *Jsou alternativní technologie alternativami?* [online]. 2006, [cit. 2013-01-21]. Dostupný z www: <[http://www.enviweb.cz/?env=odpady\\_archiv\\_fiah\\_en](http://www.enviweb.cz/?env=odpady_archiv_fiah_en)>
- [37] *Operační program životního prostředí* [online]. 2006, 13.3.2009 [cit. 2013-03-12]. Dostupný z www: [http://www.opzp.cz/sekce/43\\_5/vyhledavani/cx=005222246957080616145%3Awz9gfobpupw&cof=FORID%3A11&ie=window-1250&q=pyrol%FDza&x=0&y=0](http://www.opzp.cz/sekce/43_5/vyhledavani/cx=005222246957080616145%3Awz9gfobpupw&cof=FORID%3A11&ie=window-1250&q=pyrol%FDza&x=0&y=0)>.
- [38] LAPČÍK, Vladimír. *GeoScience Engineering journal: Possibilities of energy recovery from municipal waste* [online]. 2012[cit. 2013-03-22]. Dostupné z www: <http://gse.vsb.cz/2012/LVIII-2012-4-49-58.pdf>.

- [39] *Studie zařízení na pyrolytický rozklad odpadů*. In: Wwww.opzp.cz [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2014-01-09]. Dostupné z www: [http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/36/10821-003\\_pyrolyza\\_i.pdf](http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/36/10821-003_pyrolyza_i.pdf).
- [40] *Studie na pyrolytický rozklad odpadů: Příloha: Teoretické zázemí*. In: Wwww.opzp.cz [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2014-01-09]. Dostupné z www: [http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/36/10822-002\\_pyrolyza\\_ii\\_teoreticke\\_zazemi](http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/36/10822-002_pyrolyza_ii_teoreticke_zazemi).
- [41] LAPČÍK, Vladimír: *Oznámení ve smyslu přílohy č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, na záměr „Technologie energetického využití odpadu Tušimice“*. Ostrava, březen 2013. 97 s. 16 příloh, fotodokumentace (6).
- [42] NING, Shu - Kuang, Ming - Chien HUNG, Ying - Hsi CHANG, Houe - Peng WAN, Hom - Ti LEE a Ruey - Fu SHIH. *Benefit assessment of cost, energy, and environment for biomass pyrolysis oil*. In: Journal of Cleaner Production. Amsterdam: Elsevier, 2013, 141 - 149. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613004332>.
- [43] LAPČÍK, Vladimír. *Možnosti pyrolýzní technologie v rámci energetického využití odpadů*. In: Životní prostředí hutnictví železa a hutní druhovýroby v roce 2013 (sborník konference, Prušánky-Nechory, 12. -13. 09. 2013). VŠB-TU Ostrava, RC EIA, s.r.o., září 2013, s. 28 - 31. ISBN 978-80-904354-6-9.
- [44] ŠEJVL, Radovan: *Elektrina s vůní dřeva* (2): Energetické využití odpadů. Biom.cz [online]. 2010-10-27 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z www: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/elektrina-s-vuni-dreva-2-energeticke-vyuziti-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [45] *Zákon č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a ve znění pozdějších předpisů*. Cenia [online]. Praha, 1992 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.ekoznacka.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGRIBRY/\\$FILE/eia\\_244\\_1992.pdf](http://www.ekoznacka.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGRIBRY/$FILE/eia_244_1992.pdf).

Bc. Vladimír Kollár: Posouzení vlivu pyrolýzní technologie na životní prostředí

[46] *Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o plánu odpadového hospodářství ČR*. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha, 2003 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/9f15494cd6be130ec125768600324768?OpenDocument>.

[47] *Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší)*. Zákony online.cz [online]. 2005 – 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://zakony-online.cz/?s43&q43=17>.

[48] *Nařízením vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu*. Epravo.cz [online]. 1999-2004. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.epravo.cz/top/zakony/sbirka-zakonu/narizeni-vlady-ze-dne-3-cervence-2002-kterym-se-stanovi-emisni-limity-a-dalsi-podminky-pro-spalovani-odpadu-3593.html>

[49] *Nařízení vlády č. 206/2006 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu*. Biom.cz [online]. 2006. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/206-2006-sb>.

[50] *Zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší*. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha, 2012. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0/\\$file/Z%C3%A1k.%20%C4%8D.%20201-2012%20o%20ochran%C4%9B%20ovzdu%C5%A1%C3%AD.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0/$file/Z%C3%A1k.%20%C4%8D.%20201-2012%20o%20ochran%C4%9B%20ovzdu%C5%A1%C3%AD.pdf).

[51] *Vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší*. Mzp.cz [online]. Praha, 2012. [2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/AE682A6B5E42E986C1257BA60025D8B5/\\$file/sb0151-2012-415-2012.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/AE682A6B5E42E986C1257BA60025D8B5/$file/sb0151-2012-415-2012.pdf).

[52] *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů*. Mzp.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/AE682A6B5E42E986C1257BA60025D8B5/\\$file/sb0151-2012-415-2012.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/AE682A6B5E42E986C1257BA60025D8B5/$file/sb0151-2012-415-2012.pdf).

[53] *Vyhláška MŽP č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve znění pozdějších předpisů.* Mzp.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/b43399f29f01522ec125700600350925?OpenDocument>.

[54] *Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů.* Mzp.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/744b4ecf4745be95c12570060044610a?OpenDocument>.

[55] *Vyhláška MŽP č. 384/2001 Sb. o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachloridfenylmetanem, monometyldichloridfenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 50 mg/kg (o nakládání s PCB).* Mzp.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/744b4ecf4745be95c12570060044610a?OpenDocument>.

[56] *Vyhláška MŽP č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.* Mzp.cz [online]. Praha, 2005. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/96f060c6a3d87823c125708f00317b16?OpenDocument>.

[57] *Vyhláška MŽP č. 352/2005 Sb. o nakládání s elektrozařízením a elektroodpady.* Mzp.cz [online]. Praha, 2005. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/ce36e827e916d170c1257b4a004a65bd?OpenDocument>.

[58] *Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech), ve znění zákona č. 66/2006 Sb.* Mzp.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z:

Bc. Vladimír Kollár: Posouzení vlivu pyrolýzní technologie na životní prostředí  
<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/2e3a627d45671704c1257563004137a8?OpenDocument>.

[59] *Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci)*. Mzp.cz [online]. Praha, 2002. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/1337af598be48c81c1256b8400433dcc?OpenDocument>.

[60] *Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady*. Mzp.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/d8ba26756f2f18b5c1257561003d1242?OpenDocument>.

[61] *Směrnice 2000/76/ES o spalování odpadu*. Mzp.cz [online]. Praha, 2000. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/ris/ais-risdb-ec-table.nsf/\\$celex/32000l0076](http://www.mzp.cz/ris/ais-risdb-ec-table.nsf/$celex/32000l0076).

## **Seznam obrázků**

Obr. 1 - Hierarchie nakládání s odpady (odpadová pyramida) (zdroj: [26])

Obr. 2 - Hmotnostní a energetická bilance pyrolýzy (zdroj: [39])

Obr. 3 - Schéma jednotky S-B-V (zdroj: [16])

Obr. 4 - Schéma technologie Noell – roces (zdroj: [39])

Obr. 5 - Schéma technologie Thermoselect (zdroj: [16])

Obr. 6 - Schéma pyrolýzní jednotky Babcock (zdroj:[15])

Obr. 7 - Schéma jednotky RCP (zdroj: [15])

Obr. 8 - schéma procesu Ebara (zdroj: [39])

Obr. 9 - Schéma pyrolýzní jednotky Vortex – SERI (zdroj: [14])

Obr. 10 - Umístění polohy záměru (zdroj: [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz))



## **Seznam tabulek**

Tab. 1 - Charakteristické reakce uhlíku a vodíku, podrobnější znázornění reakcí (zdroj: [30])

Tab. 2 - Proces pyrolýzy (zdroj: [11])

Tab. 3 - Množství emisí na uvedené trase – období provozu (320 prac. dnů/rok) (zdroj: [41])

Tab. 4 - Množství emisí z křižení silnice II/568 na stavenišťě – období výstavby (zdroj: [41])

Tab. 5 - Celkové množství emisí za období výstavby (zdroj: [41])

Tab. 6 - Předpokládaná produkce splaškových odpadních vod (zdroj: [41])

Tab. 7 - Přehled odpadů vznikajících při provozu technologie energetického využití odpadu  
(zdroj: [41])

Tab. 8 - Kvalita vzniklého pyrolýzního oleje (zdroj: [41])

Tab. 9 - Akustické výkony na obvodových konstrukcích haly drtící linky (zdroj: [41])